А. Г. РУБО

ПЕРЕСЧЕТ И РЕМОНТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 100 КВТ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

В книге изложены методы пересчета нормальных асинхронных двигателей. Имеются в виду пересчеты при ремонтах в случае утери паспорта электродвигателя, необходимости модернизации, перемотки его на другое число оборотов, другое напряжение и т. д. Дано описание технологического процесса ремонта электродвигателей, применяемых приспособлений и приборов при ремонте и испытании.

К тексту прилагается весьма обширный справочный материал по обмоточным данным асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт*, выпускаемых отечественными заводами, по изоляции, материалам и т. п.

Книга предназначена для инженеров, техников и мастеров, занимающихся ремонтом электродвигателей.

Рубо Леонид Григорьевич,

Пересчет и ремонт асинхронных двигателей мощностью до 100 *квт*. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961, 392 с.

6П2.12

А. М. Харин

Техн. редактор *К. П. Воронцов* и *Е. Г. Ларионов*

набор 11/II 1961 г. Подписано к печати 17/VIII 1961 г. Т 09976

4×108¹/₁₆ 40,18 печ. л. Уч.-изд. л. 44,8 Тираж 20 000 экз. Цена 2 р. 39 к. Заказ 77

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Количество асинхронных электродвигателей трехфазного тока мощностью до 100 *квт*, установленных на промышленных предприятиях Союза, стройках и в сельском хозяйстве, непрерывно увеличивается.

В связи с бурным ростом нашей промышленности и механизации сельского хозяйства потребность в электродвигателях резко увеличивается. Многочисленные электроремонтные цехи, мастерские и даже целые предприятия, занимающиеся восстановлением вышедших из строя электродвигателей, играют значительную роль в обеспечении непрерывной работы предприятий всех отраслей народного хозяйства СССР.

Широкое внедрение в промышленности автоматических линий и механизации производственных процессов предъявляет к ремонтируемым и действующим электродвигателям особые требования как по длительности, так и непрерывности их работы.

Зачастую встает также вопрос о модернизации электродвигателей старых серий с целью приспособления к новым условиям работы, связанным с усовершенствованием технологии производства.

Все это требует повышения качества ремонта и модернизации ремонтируемых электродвигателей, особенно старых серий.

Современные новые виды изоляционных материалов и обмоточных проводов дают возможность не только производить более совершенные электродвигатели, но также повысить качество ремонта и модернизировать в необходимых случаях электродвигатели старых выпусков.

Не в малой степени качество ремонта электродвигателей и их модернизация зависят от электрических расчетов, проводимых до ремонта и модернизации, применения наивыгоднейших схем соединения обмоток, совершенства технологических процессов ремонта, особенно в условиях небольших ремонтных мастерских или предприятий. Эти вопросы подробно освещены в настоящей книге.

Автор будет признателен всем лицам, которые укажут на имеющиеся в книге недочеты по адресу Госэнергоиздата: Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., д. 10.

Автор

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Глава первая. **Расчеты обмоток**

1-1. Общие сведения 7
1-2. Асинхронные электродвигатели 8
1-3. Обоснование производства расчета электродвигателей 11
1-4. Исходные данные, связанные с расчетом и модернизацией асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт* 12
1-5. Значение качества изоляционных материалов при производстве расчетов 13
1-6. Подготовка к расчету 15
1-7. Восстановление обмоточных данных электродвигателя, у которого нет паспорта и обмоточных данных. Пример расчета . . 17
1-8. Упрощенный метод определения технических данных электродвигателей 20
1-9. Пересчет обмотки на другое напряжение 23
1-10. Пересчет асинхронных короткозамкнутых электродвигателей на другое число оборотов 25
1-11. Поверочный расчет нормального асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором 27
1-12. Пересоединение обмоток асинхронных электродвигателей для новых условий работы 28
1-13. Определение размеров обмоток 31
1-14. Пересчет электродвигателей с фазным ротором на короткозамкнутый 32
1-15. Расчет обмоток однофазного электродвигателя (переделывается из трехфазного) 34

Глава вторая. **Обмоточные и расчетные данные асинхронных электродвигателей трехфазного тока мощностью до 100 *квт***

2-1. Общие замечания к таблицам обмоточно-расчетных данных 35
2-2. Обозначения величин и их размерностей, применяемых в таблицах обмоточно-расчетных данных 36
2-3. Формы пазов статора и ротора асинхронных электродвигателей, применяемых в таблицах обмоточно-расчетных данных . 37
2-4. Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А и АО
А и АО 3-го — 9-го габаритов 38
АОС 3-го — 5-го габаритов 56
АС и АОС 6-го — 9-го габаритов 60
АОП 4-го — 5-го габаритов 68
АП и АОП 6-го — 9-го габаритов 70
АОТ 4-го — 7-го габаритов 78
АК 5-го — 9-го габаритов 82
А и АО двухскоростные, трехскоростные и четырехскоростные 88
Обмоточные данные электродвигателей серий:
МА-140 140
МА-200 146
МА-800 156
МА-900 158
МАД-191 158
ТТ и МТО 160
Серии И 164
МКА и МКБ 167
АД 174
Урал 179
Таблица механических и обмоточных данных электродвигателей ТАГ 182

Глава третья. **Методы составления схем**

3-1. Общие сведения 183
3-2. Обмотки статоров 184
3-3. Однослойные обмотки 185
3-4. Двухслойные обмотки 187
3-5. Составление схем обмоток 189
3-6. Образование параллельных ветвей статорных обмоток 193
3-7. Трехфазные обмотки с дробным числом пазов на полюс и фазу 195
3-8. Параллельное соединение катушечных групп в фазе 201
3-9. Обмотки с неравновитковыми катушками 202
3-10. Выбор начал фазных обмоток с дробным q 204
3-11. Составление таблиц обмоток 205
3-12. Круговые схемы трехфазных двухслойных обмоток 206
3-13. Стержневые обмотки 209
3-14. Составление схем роторных обмоток с целым q 212
3-15. Многоскоростные трехфазные обмотки . . 214
3-16. Однофазные обмотки переменного тока . . 217
3-17. Схемы обмоток 218
А. Схемы статорных обмоток односкоростных электродвигателей 218
Б. Схемы роторных обмоток электродвигателей с фазным ротором и статорных обмоток, многоскоростных электродвигателей 219

Глава четвертая. **Технология производства ремонтных работ**

4-1. Разборка электродвигателей 276
4-2. Размотка 276
4-3. Механический ремонт 278
4-4. Подшипники 280
4-5. Ремонт беличьих клеток короткозамкнутых роторов 288
4-6. Основные конструкции изоляции асинхронных электродвигателей 293
4-7. Изоляция обмоток старых серий при их модернизации 293
4-8. Технология изготовления секций (катушек) 296
4-9. Технология изготовления статорных обмоток 299
4-10. Изготовление стержней роторных обмоток 302
4-11. Наложение проволочных бандажей . . . 306
4-12. Пайка, лужение, сварка 309
4-13. Пропитка, поверхностное покрытие, печная сушка 310
4-14. Другие способы сушки обмоток 315
4-15. Режимы пропитки и сушки 318
4-16. Балансировка 319
4-17. Маркировка выводов электродвигателей, выходящих из ремонта 322
4-18. Восстановление обмоточных проводов . . . 322

Глава пятая. **Испытание асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт***

5-1. Виды испытаний 323
5-2. Измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателей 324
5-3. Измерение сопротивления постоянному току обмоток электродвигателей 325
5-4. Некоторые особенности измерения сопротивления постоянному току обмоток . . . 327
5-5. Измерение мощности, напряжения и тока 328
5-6. Измерение температур 329
5-7. Проверка активной стали на нагрев индукционным методом 329
5-8. Обрыв в стержнях короткозамкнутых роторов 330
5-9. Проверка обмотки на отсутствие виткового замыкания 331
5-10. Проверка числа витков в намотанных секциях 332
5-11. Проверка правильности соединения схемы обмотки 332
5-12. Измерение зазоров 333
5-13. Испытание при холостом ходе 335
5-14. Измерительные приборы 336
5-15. Определение величины скольжения при отсутствии специального стенда 337
5-16. Испытание электрической прочности изоляции 337
5-17. Опыт короткого замыкания 338
5-18. Испытание электродвигателя под нагрузкой 339
5-19. Некоторые сведения по технике измерений, связанных с испытанием электродвигателей 340
5-20. Измерение вибрации 340

Глава шестая. **Электротехнические материалы и детали, применяемые в асинхронных электродвигателях**

6-1. Электроизоляционные лаки 341
6-2. Специальные лаки и эмали 343
6-3. Растворители лаков 344
6-4. Слюдинитовые изоляционные материалы 344
6-5. Пленочные электроизоляционные материалы 345
6-6. Припои, их характеристики, область применения 346
6-7. Подшипники качения (шарикоподшипники и роликоподшипники) 348
6-8. Щетки для асинхронных электродвигателей с фазным ротором 349
6-9. Обмоточные провода 350
6-10. Изоляционные материалы (бумага, ткани, пленочный материал) 350
6-11. Листовая электротехническая сталь . . . 356

Глава седьмая. **Неисправности электродвигателей**

7-1. Основные неисправности асинхронных электродвигателей 356
7-2. Ненормальная работа подшипников . . . 357
7-3. Искрение контактных колец 358
7-4. Повреждение обмоток асинхронных электродвигателей 359
7-5. Неправильное соединение обмоток 362
7-6. Электродвигатель не развивает номинальных оборотов 364
7-7. Перегрев обмоток ротора и статора . . . 365
7-8. Неисправности магнитной цепи 365

Приложения

I. Журнал ремонта электродвигателей . . . 366
II. Формуляр расчета электродвигателей переменного тока мощностью 0,1 — 100 *квт* . . . 368
III. Формуляр поверочного расчета электродвигателей переменного тока 370
IV. Конструкция и технология изоляции статорных обмоток асинхронных электродвигателей серий А и АО мощностью 0,6—7 *квт*, напряжением до 500 *в* 373
V. Конструкция и технология изоляции статорных обмоток асинхронных электродвигателей серий А и АО мощностью до 100 *квт*, напряжением до 500 *в* 374
VI. Изоляция соединений и выводных концов асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт*, напряжением до 500 *в*. Изоляция класса А 375
VII. Конструкция и технология изоляции статорных обмоток асинхронных электродвигателей серий А и АО мощностью от 40 до 100 *квт*, напряжением до 500 *в*, 1 500 *об/мин* . . . 376
VIII. Изоляция соединений и выводных концов асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт*, напряжением до 500 *в*. Изоляция класса В 377
IX. Примерная технологическая карта обмотки статора асинхронного электродвигателя серии МА-200 377
X. Обмоточные коэффициенты двухслойной трехфазной обмотки при шести фазных группах на пару полюсов („шестидесятиградусная фазная зона") 379
XI. Основные схемы соединения многоскоростных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором 382
XII. Изоляционные расстояния лобовых частей однослойных катушечных роторных обмоток 383
XIII. Конструкция усиленной изоляции роторных стержневых обмоток электродвигателей. Напряжение между контактными кольцами до 300 *в* 383
XIV. Конструкция усиленной изоляции роторных стержневых обмоток электродвигателей. Напряжение между контактными кольцами выше 300 до 500 *в* 383
XV. Конструкция изоляции роторных стержневых обмоток электродвигателей. Напряжение выше 300 до 500 *в* 384
XVI. Основная кривая намагничивания. Сталь Э11 385

XVII. Кривая намагничивания для спинки статора. Сталь Э11 385
XVIII. Ориентировочные значения индукции в воздушном зазоре асинхронных электродвигателей отечественного производства старых серий мощностью до 100 *квт*, напряжением 127/220, 220/380 и 500 *в* 385
XIX. Воздушный зазор *δ* нормальных асинхронных электродвигателей 387
XX. Рекомендуемые плотности тока в обмотке статора и фазного ротора трехфазных асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт* 387
XXI. Возможное число параллельных ветвей (простые катушечные обмотки) 388
XXII. Толщина изоляции обмоточных проводов . . . 388
XXIII. Диаметры выводных болтов электродвигателя 389
XXIV. Сечение выводных проводов обмоток электродвигателей 389
XXV. Формуляр акта испытания 389
XXVI. Проволока бандажная стальная луженая. Технические условия 390
XXVII. Номинальные воздушные зазоры асинхронных электродвигателей 391
Литература 392

ГЛАВА ПЕРВАЯ

РАСЧЕТЫ ОБМОТОК

1-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При вращении катушки в магнитном поле наводимая в ней электродвижущая сила (э. д. с.), а следовательно, и ток непрерывно меняются как по величине, так и по направлению.

Время, в течение которого изменяются э. д. с. или ток, после чего эти изменения начинают повторяться, называется периодом.

Число периодов или изменений в одну секунду называется частотой, обозначается буквой f и измеряется в герцах *(гц)*.

Ввиду того, что переменный ток, проходя по проводнику, непрерывно меняет величину и направление, соответственно и магнитное поле вокруг проводника непрерывно изменяется.

При увеличении тока магнитное поле увеличивается, а силовые магнитные линии увеличивающегося поля пересекают проводник и наводят в нем так называемую э. д. с. самоиндукции. При уменьшении тока магнитное поле уменьшается и проводник снова пересекается магнитными силовыми линиями уменьшающегося поля, поэтому и в проводнике также возникает э. д. с. самоиндукции.

Ток и э. д. с. самоиндукции не совпадают по фазе, т. е. э. д. с. самоиндукции достигает своего наибольшего значения не одновременно с наибольшим значением тока, а несколько позже, спустя четверть периода.

Если через катушку пропустить постоянный по величине и направлению ток, то явления самоиндукции наблюдаться не будут, так как магнитное поле катушки останется постоянным. В этом случае при прохождении тока напряжение сети затрачивается на преодоление активного сопротивления обмотки катушки, т. е. происходит потеря напряжения на преодоление сопротивления обмотки катушки постоянному току.

При прохождении через эту же катушку переменного тока в ней возникает э. д. с. самоиндукции, действующая против напряжения сети. Поэтому для прохождения через катушку переменного тока той же величины, что и постоянного, необходимо приложить большее напряжение, чтобы преодолеть активное сопротивление катушки и действие э. д. с. самоиндукции, ибо самоиндукция как бы увеличивает сопротивление катушки прохождению переменного тока.

К активному сопротивлению R, зависящему от удельного сопротивления проводника, прибавляется сопротивление X, вызванное э. д. с. самоиндукции, так называемое индуктивное сопротивление.

Оба сопротивления — активное и индуктивное — при переменном токе, складываясь геометрически, дают общее сопротивление, называемое полным и определяемое по формуле

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}\ [ом]. \qquad (1\text{-}1)$$

Ток в цепи переменного тока равен приложенному напряжению U, деленному на полное сопротивление цепи,

$$I = \frac{U}{Z}.$$

Напряжение в цепи переменного тока отстает или опережает ток на некоторый угол, обозначаемый греческой буквой φ (фи).

Если бы в переменном токе сдвиг между током и напряжением отсутствовал, мощность переменного тока определялась бы по той же формуле, что и для постоянного, т. е. она равнялась бы произведению тока на напряжение,

$$P = UI.$$

Для определения мощности при сдвиге фаз между током и напряжением необходимо в формулу мощности ввести поправочный коэффициент мощности $\cos\varphi$ (который всегда меньше единицы):

$$P = UI\cos\varphi. \qquad (1\text{-}2)$$

Трехфазный ток состоит из трех однофазных токов, сдвинутых друг относительно друга на 120°.

На статоре электродвигателя трехфазного тока помещаются три обмотки, сдвинутые одна по отношению к другой на 120°, концы которых могут быть соединены звездой или треугольником.

При соединении обмоток фаз звездой фазный ток $I_ф$, проходящий через обмотку каждой фазы, будет равен линейному току $I_л$, а напряжение каждой фазы (фазное напряжение) $U_ф$ будет в 1,73 раза меньше напряжения линии $U_л$, измеренного между двумя линейными проводами (линейное напряжение).

При соединении обмоток фаз звездой между фазными и линейными током и напряжением будут следующие соотношения:

$$I_ф = I_л;\quad U_ф = \frac{U_л}{\sqrt{3}} = \frac{U_л}{1{,}73}. \qquad (1\text{-}3)$$

При соединении обмоток фаз треугольником линейный ток $I_л$, проходящий через обмотку, больше фазного $I_ф$ в 1,73 раза, а фазное напряжение $U_ф$ равно линейному $U_л$. Таким образом, при соединении обмоток фаз треугольником между фазными и линейными током и напряжением будут следующие соотношения:

$$U_ф = U_л;\quad I_ф = \frac{I_л}{\sqrt{3}} = \frac{I_л}{1{,}73}. \qquad (1\text{-}4)$$

Обычно обмотки фаз электродвигателей могут быть соединены либо звездой, либо треугольником.

Если обмотки фаз электродвигателя соединены в звезду при напряжении 380 *в*, то для его включения в сеть напряжением 220 *в* достаточно фазные обмотки пересоединить в треугольник.

В том и другом случаях на каждую фазу приходится одинаковое напряжение 220 *в*, так как при соединении фаз звездой

$$U_ф = \frac{U_л}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1{,}73} = 220\ в,$$

а при соединении треугольником

$$U_ф = U_л = 220\ в.$$

1-2. АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

а) Принцип действия

Асинхронные электродвигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором являются в настоящее время наиболее распространенными, так как они отличаются простотой конструкции, большой надежностью в эксплуатации, имеют сравнительно высокие к. п. д. и коэффициент мощности. Они состоят из двух основных частей: неподвижной части—статора (с обмоткой статора) и вращающейся части — ротора (с обмоткой ротора). Основным типом асинхронного электродвигателя является трехфазный.

Если к обмотке статора трехфазной машины подвести трехфазный ток, то в машине образуется магнитный поток, замыкающийся через пакеты стали статора и ротора, который вращается со скоростью

$$n_c = \frac{60}{p} f, \qquad (1\text{-}5)$$

где n_c — число оборотов вращающегося магнитного поля в минуту (синхронная скорость вращения);

f — частота переменного тока, *гц* (число периодов в секунду);

p — число пар полюсов обмотки статора.

В Советском Союзе обычно применяется промышленная частота $f = 50$ *гц*, поэтому синхронное число оборотов вращающегося поля составит:

$$n_c = \frac{60 \cdot 50}{p} = \frac{3\,000}{p}.$$

Если в расточку статора вставить ротор с обмоткой, то вращающееся магнитное поле, пересекая проводники обмотки, возбуждает в обмотке ротора э. д. с.

В результате взаимодействия проводников ротора под током с вращающимся полем возникает сила, стремящаяся повернуть ротор в направлении вращающегося магнитного поля, и ротор начинает вращаться, создавая момент вращения $M_{вр}$.

Легко видеть, что число оборотов ротора в минуту n не может равняться числу оборотов вращающегося магнитного поля n_c (синхронному), так как в этом случае проводники ротора были бы неподвижны относительно вращающегося поля и исчезли бы э. д. с. и ток в обмотке ротора. Действительное число оборотов ротора асинхронного электродвигателя всегда меньше синхронного числа оборотов вращающегося магнитного поля (поэтому он и называется асинхронным, т. е. несинхронным) из-за скольжения.

Величина скольжения асинхронного электродвигателя выражается формулой $s\% = \frac{n_c - n}{n_c} \times 100$ в процентах от синхронной скорости.

Вращающееся магнитное поле пересекает проводники не только обмотки ротора, но

и статора, возбуждая и в них э. д. с. E_1, а подведенное к обмотке статора напряжение будет:

$$U_1 = E_1 + I_1 \sqrt{r_1^2 + X_1^2}, \qquad (1\text{-}6)$$

где U_1 — подведенное к статору напряжение;

E_1 — э. д. с. обмотки статора;

I_1 — ток статора;

r_1 — сопротивление обмотки статора постоянному току;

$X_1 = 2\pi f L_c$ — индуктивное сопротивление обмотки статора.

Величина $I_1 \sqrt{r_1^2 + X_1^2}$ представляет собой падение напряжения в обмотке статора. Обычно эта величина невелика, поэтому E_1 незначительно отличается от U_1 и при номинальной нагрузке разница составляет 4 — 6%.

Потребляемая трехфазным электродвигателем мощность определяется формулами:

активная мощность

$$P_2 = \frac{\sqrt{3} UI \cos\varphi}{1\,000}\ [квт]; \qquad (1\text{-}7)$$

реактивная мощность

$$P_р = \frac{\sqrt{3} UI \sin\varphi}{1\,000}\ [квар]; \qquad (1\text{-}8)$$

полная мощность

$$P_s = \frac{\sqrt{3} UI}{1\,000}\ [ква], \qquad (1\text{-}9)$$

где U — линейное напряжение питающей сети, *в*;

I — ток в одной фазе питающей сети, *а*;

φ — угол сдвига фаз.

Мощность, отдаваемая электродвигателем $P_н$ (полезная мощность на валу), определяется из формулы

$$P_2 = \frac{Mn}{975}\ [квт],$$

где M — момент на валу электродвигателя, $кГ \cdot м$;

n — действительное число оборотов ротора в минуту.

Отношение полезной мощности электродвигателя P_2 к потребляемой P называется коэффициентом полезного действия η (к. п. д.).

Для трехфазного электродвигателя

$$\eta = \frac{P_2}{P} = \frac{1\,000 Mn}{975 \sqrt{3}\, UI \cos\varphi} \approx 0{,}6 \frac{Mn}{UI \cos\varphi}\ [квт]. \qquad (1\text{-}10)$$

б) Виды исполнения

В нормальном исполнении короткозамкнутая обмотка ротора выполняется из алюминиевого сплава, который заливается в пазы. Из медных проводов или шин обмотка ротора выполняется реже.

К недостаткам асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором относятся: 1) большой пусковой ток, что при ограниченной мощности питающей станции (подстанции) может вызвать затруднения при пуске, а при недостаточном сечении питающих проводов — и резкое падение напряжения в сети; 2) невозможность регулирования скорости; 3) сравнительно небольшая величина начального пускового момента, что в некоторых случаях затрудняет его пуск под нагрузкой и удлиняет время разбега.

Электродвигатели с фазным ротором применяются в тех случаях, когда вследствие указанных недостатков невозможно использовать асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Обмотка ротора такого электродвигателя присоединена к контактным кольцам, а через щетки — к пусковому или регулировочному приспособлению (реостату).

При необходимости улучшить пусковые характеристики (повышенное значение пускового момента и уменьшение скольжения) применяются короткозамкнутые электродвигатели с глубоким пазом в роторе или с двойной беличьей клеткой (с двумя обмотками) на роторе.

По форме исполнения электродвигатели бывают: защищенные деталями, предохраняющими от попадания внутрь посторонних тел, водяных капель или струй определенного направления; эти электродвигатели имеют наибольшее распространение; закрытые, применяемые в пыльных помещениях, в химических и других производствах, где внешняя среда, пыль или взвешенные частицы, попадая в электродвигатель, могут повредить изоляцию обмотки или затруднить теплоотдачу; взрывобезопасные — закрытые в прочной оболочке, могущей выдержать большое давление газов, возникающее вследствие возможного воспламенения их от искрения внутри машины и препятствующей выходу пламени наружу.

в) Основные технические данные, обозначаемые в паспорте электродвигателя

Номинальная мощность $P_н$, указанная на его щитке, — это полезная механическая мощность на валу, развиваемая при номинальном режиме, и измеряемая в киловаттах.

Номинальная скорость вращения $n_н$, т. е. число оборотов в минуту, соответствующее номинальному режиму его работы.

Номинальный момент вращения $M_н$ есть развиваемый электродвигателем на валу мо-

мент при номинальной мощности и номинальном числе оборотов, определяемый по формуле:

$$M_н = \frac{975 P_н}{n_н} [кГ \cdot м], \qquad (1\text{-}11)$$

где $P_н$ — номинальная мощность, *квт*;

$n_н$ — номинальное число оборотов в минуту;

975 — постоянная величина.

Примечание. Если номинальная мощность $P_н$ выражена в лошадиных силах, соответствующая формула имеет вид:

$$M_н = \frac{716 P_н}{n_н} [кГ \cdot м].$$

Номинальный ток $I_н$ обычно обозначается на щитке электродвигателя и должен соответствовать его номинальному режиму, т. е. номинальной нагрузке.

Номинальное напряжение $U_н$ электродвигателя равно линейному напряжению питающей сети и должно соответствовать его номинальному режиму.

Максимальный вращающий момент $M_{макс}$ — это наибольший вращающий момент, развиваемый на валу электродвигателя при постепенном повышении момента сопротивления. Частота в сети и величина подведенного напряжения должны при этом равняться номинальным значениям.

Начальный пусковой вращающий момент $M_п$ есть момент вращения при неподвижном роторе, установившемся токе, номинальном напряжении и частоте.

Таблица 1-1

Отношение начального пускового момента вращения к номинальному ($M_п/M_н$)

Мощность, *квт*	Электродвигатели защищенного исполнения				Электродвигатели закрытого обдуваемого исполнения			
	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*							
	3 000	1 500	1 000	750	3 000	1 500	1 000	750
0,6	—	1,7	—	—	2,0	1,7	—	—
1,0	1,8	1,8	1,3	—	2,0	1,8	1,3	—
1,7	1,8	1,8	1,3	—	1,8	1,8	1,3	—
2,8	1,6	1,8	1,3	—	1,8	1,8	1,3	—
4,5	1,6	1,4	1,3	1,0	1,6	1,4	1,4	1,5
7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,6	1,4	1,4	1,5
10	1,5	1,2	1,1	1,1	1,3	1,3	1,4	1,3
14	1,2	1,2	1,2	1,1	1,3	1,3	1,4	1,3
20	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3
28	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3
40	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,4	1,3
55	1,0	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
75	1,0	1,0	1,0	—	1,1	1,1	1,2	—
100	1,0	1,0	—	—	1,1	1,1	—	—

Минимальный вращающий момент асинхронного короткозамкнутого электродвигателя в процессе пуска есть наименьший момент вращения, развиваемый электродвигателем при номинальном напряжении и номинальной частоте в сети.

Номинальный к. п. д. электродвигателя есть отношение его номинальной мощности на валу к активной мощности, потребляемой из сети при номинальном напряжении и номинальной частоте,

$$\eta_н = \frac{P_н \cdot 1\,000}{\sqrt{3}\, U_н I_н \cos \varphi_н}, \qquad (1\text{-}12)$$

где $\cos \varphi_н$ — номинальный коэффициент мощности, указанный на щитке электродвигателя.

Таблица 1-2

Коэффициент полезного действия η и коэффициент мощности $\cos \varphi$ для асинхронных трехфазных электродвигателей мощностью до 100 *квт*

Мощность, *квт*	Электродвигатели защищенного исполнения с короткозамкнутым ротором								Электродвигатели закрытого обдуваемого исполнения с короткозамкнутым ротором								Электродвигатели защищенного исполнения с фазным ротором с постоянно налегающими щетками							
	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*																							
	3 000	1 500	1 000	750	3 000	1 500	1 000	750	3 000	1 500	1 000	750	3 000	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750
	η, %				$\cos \varphi$				η, %				$\cos \varphi$				η, %			$\cos \varphi$					
0,6	—	74,0	—	—	—	0,76	—	—	76,0	74,0	—	—	0,85	0,76	—	—	—	—	—	—	—	—			
1,0	79,0	78,5	77,0	—	0,86	0,79	0,72	—	79,0	78,5	77,0	—	0,86	0,79	0,72	—	—	—	—	—	—	—			
1,7	81,5	81,5	79,5	—	0,87	0,82	0,75	—	81,5	81,5	79,5	—	0,87	0,82	0,75	—	—	72,5	—	—	—	0,72			
2,8	84,0	83,5	82,5	—	0,88	0,84	0,78	—	84,0	83,5	82,5	—	0,88	0,84	0,78	—	78,0	75,5	—	0,82	0,74	—			
4,5	85,5	85,5	84,5	83,5	0,88	0,85	0,80	0,76	85,5	85,5	84,5	84,5	0,88	0,85	0,80	0,76	80,0	78,5	76,5	0,83	0,76	0,72			
7,0	87,0	87,0	86,0	85,0	0,89	0,86	0,81	0,78	87,5	87,0	86,0	86,0	0,89	0,86	0,81	0,78	82,0	81,0	79,5	0,84	0,78	0,74			
10	87,5	87,5	86,5	85,0	0,89	0,88	0,82	0,80	87,5	87,5	87,0	87,0	0,89	0,88	0,82	0,80	83,5	82,5	81,5	0,85	0,79	0,76			
14	87,5	88,5	87,0	87,0	0,89	0,88	0,83	0,81	88,0	88,5	88,0	87,5	0,90	0,88	0,83	0,81	84,5	84,0	83,0	0,86	0,80	0,77			
20	88,5	89,0	88,0	88,0	0,90	0,88	0,84	0,82	88,5	89,0	88,5	88,0	0,90	0,88	0,84	0,82	86,0	85,0	84,5	0,86	0,81	0,79			
28	89,0	90,0	89,0	89,0	0,90	0,88	0,85	0,83	89,5	90,0	89,0	89,0	0,91	0,88	0,86	0,83	87,0	86,5	86,0	0,87	0,82	0,80			
40	90,0	90,5	90,0	90,0	0,91	0,89	0,86	0,84	89,5	90,5	90,0	90,0	0,91	0,89	0,87	0,84	88,0	87,5	87,5	0,87	0,83	0,81			
55	90,5	91,0	91,0	91,0	0,91	0,89	0,87	0,84	91,0	91,0	91,0	91,0	0,92	0,89	0,88	0,84	89,0	88,5	88,5	0,87	0,83	0,82			
75	91,0	91,5	92,0	—	0,91	0,89	0,88	—	90,5	91,5	92,0	—	0,92	0,90	0,89	—	90,0	89,5	—	0,88	0,84	—			
100	91,5	92,0	—	—	0,92	0,89	—	—	91,0	92,0	—	—	0,92	0,90	—	—	90,5	—	—	0,88	—	—			

Таблица 1-2а

Коэффициент полезного действия η и коэффициент мощности $\cos \varphi$ для взрывобезопасных асинхронных трехфазных электродвигателей

Мощность, *квт*	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*					
	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750
	η, %			$\cos \varphi$		
1,7	—	72,5	—	—	0,72	—
2,8	78,0	75,5	—	0,82	0,74	—
4,5	80,0	78,5	76,5	0,83	0,76	0,72
7	82,0	81,0	79,5	0,84	0,78	0,74
10	83,5	82,5	81,5	0,85	0,79	0,76
14	84,5	84,0	83,0	0,86	0,80	0,77
20	86,0	85,0	84,5	0,86	0,81	0,79
28	87,0	86,5	86,0	0,87	0,82	0,80
40	88,0	87,5	87,5	0,87	0,83	0,81
55	89,0	88,5	88,5	0,87	0,83	0,82
75	90,0	89,5	—	0,88	0,84	—
100	90,5	—	—	0,88	—	—

Предельные допустимые температуры частей асинхронных электродвигателей и превышения температур над температурой охлаждающей среды приведены в табл. 1-3. При этом принимается, что температура охлаждающей среды не превышает +35° С, и измеряется термометром.

При измерении температуры обмоток методом сопротивления предельная допустимая температура (и ее превышение) увеличивается на 5° С.

Таблица 1-3

Допустимые превышения температуры °С частей электрических двигателей (ГОСТ 183-55)

Части электрических двигателей	Изоляция класса А	Изоляция класса В	Абсолютная температура для класса А	Абсолютная температура для класса В
Обмотка асинхронных электродвигателей	60	75	95	110
Сталь статора и ротора	65	85	100	120
Контактные кольца	70	90	105	125
Стержни обмотки ротора	65	95	100	130
Подшипники скольжения (с кольцевой смазкой)	45	45	—	—
Подшипники качения (шариковые и роликовые)	60	60	—	—

Примечания: 1. Для обмоток электродвигателей закрытого исполнения пределы превышения температуры, измеренные методом сопротивления, допускается повышать на 5° С.

2. По нагревостойкости электроизоляционные материалы делятся на пять классов:

класс А — с рабочей температурой до 105 °;

класс Е (промежуточный между А и В) — с рабочей температурой до 120° С;

класс В — с рабочей температурой до 130 °С;

класс F промежуточный между В и С) — с рабочей температурой до 155° С;

класс Н (промежуточный между В и С) — с рабочей температурой до 180° С.

г) Основные технические требования

1. Асинхронные электродвигатели должны отдавать номинальную мощность при отклонениях напряжения сети в пределах —5%—+10% или при отклонении частоты сети в пределах ±5%.

При одновременном отклонении напряжения и частоты от номинальных значений электродвигатели должны отдавать номинальную мощность, если сумма процентных значений отклонений не превосходит 10%.

2. Отношение начального пускового момента вращения к номинальному для электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с короткозамкнутым ротором должно соответствовать табл. 1-1, а величины к. п. д. и коэффициента мощности—табл. 1-2 и 1-2а.

1-3. ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

При перемотке электродвигателей могут быть следующие случаи, требующие производства нового расчета:

1. Поступившие в ремонт электродвигатели не имеют старой обмотки, их технические данные неизвестны, есть лишь заводские щитки с определенными данными, при этом требуется восстановить обмотку так, чтобы она удовлетворяла заводским данным.

В таких случаях, помимо производства расчета, необходимо также найти и параметры электродвигателя при его изготовлении на заводе, которые были бы положены в основу нового расчета, что не всегда удается.

2. Если у электродвигателя нет старой обмотки и заводского щитка на корпусе, вопрос нового расчета может быть двояко решен:

а) электродвигатель должен быть рассчитан на заданную мощность и заданные обороты, для чего в первую очередь требуется определить возможность выполнения этого требования;

б) требуется определить максимальную мощность, которая может быть получена от электродвигателя при заданной скорости вращения; правильность расчета может быть определена только после испытаний электродвигателя под нагрузкой, так как произведенный расчет даст только приблизительную величину мощности.

3. При полном или частичном повреждении обмотки статора, когда по уцелевшей части обмотки можно определить ее схему, число витков, шаг и сечение проводника, требуется восстановить электродвигатель с сохранением его данных по напряжению, оборотам и мощности, указанных в заводском щитке.

В таких случаях правильным решением будет восстановление обмотки с сохранением ее прежних данных. Но и в этом случае требуется расчет, так как иногда не удается уложить в паз прежнее число проводников. Такое явление может иметь место, если на заводе-изготовителе был применен провод с более тонкой изоляцией, чем имеющийся в наличии провод, либо изоляция паза была тоньше, чем та, которую приходится применять при ремонте.

Наконец, в наличии может не оказаться провода требуемого размера, что ведет либо к уменьшению числа проводников в пазу, либо к снижению размера проводников.

4. При ремонте требуется перемотать электродвигатель на другое напряжение с сохранением прежнего числа оборотов, мощности и т. д. или на другое число оборотов, что связано с полным перерасчетом, так как мощность электродвигателя при этом не сохраняется, а при полном пересчете безразлично, на какое напряжение вести новый расчет.

Приведенные примеры не исчерпывают случаев, встречающихся на практике и требующих пересчета или расчета ремонтируемых электродвигателей.

1-4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С РАСЧЕТОМ И МОДЕРНИЗАЦИЕЙ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 100 *квт*

а) При пересчете или модернизации электродвигателей следует учитывать, что при конструировании их на заводах-изготовителях внутренний диаметр активной стали статора (D_i) и ее длина (l) определяли все прочие размеры электродвигателя, как-то: наружный диаметр D_a; размер вала, подшипниковые щиты и др., а эти размеры в свою очередь зависят от мощности электродвигателя, его числа оборотов в минуту, нагрузки магнитной системы и электрической части, где использование магнитной системы в основном определяется значением магнитной индукции в воздушном зазоре B_δ, а использование электрической части — значением линейной нагрузки A.

б) Мощность электродвигателя на валу с заданными размерами активной стали пропорциональна произведению магнитной нагрузки стали, линейной нагрузки и определяется по формуле

$$P_2 = kAB_\delta n \ [квт], \qquad (1\text{-}13)$$

где P_2 — мощность, *квт*;
k — коэффициент, зависящий от размеров стали данного электродвигателя;
B_δ — индукция в воздушном зазоре, *гс*;
n — число оборотов;
A — линейная нагрузка, *а/см*,

$$A = \frac{2mw_\phi I_1}{\pi D_i}, \qquad (1\text{-}14)$$

где m — число фаз;
w_ϕ — число витков в фазе;
I_1 — фазный ток, *а*;
D_i — внутренний диаметр активной стали, *мм*.

в) При изменении числа витков по сравнению с расчетными, соответствующими определенному напряжению, меняются и магнитный поток и индукция, которые обратно пропорциональны числу витков.

Следовательно, уменьшение числа последовательно соединённых витков в фазе обмотки статора против расчетных увеличивает магнитную нагрузку стали, а увеличение числа последовательно соединенных витков уменьшает ее.

Если величина индукции в стали находится на пределе, при пересчете желательно отступить от этой величины в сторону увеличения числа витков против расчетных.

г) Линейная нагрузка A не должна превышать общепринятых предельных значений и не увеличиваться при условии, если нагрев обмотки находится на пределе и если при этом сохраняется класс изоляции и качество изоляционных лаков.

Существующие пределы значений A и B_δ не являются предельными величинами. Если при ремонте использовать более совершенные электротехническую сталь и изоляционные материалы с более высокими качественными показателями, то значения A и B_δ могут быть приняты при расчете выше; следовательно, в заданных габаритах можно повысить электромагнитные и электрические нагрузки, а значит, и мощность электродвигателя в целом.

д) Электромагнитные нагрузки. Рабочие и пусковые характеристики электродвигателя зависят от соотношения индукции в воздушном зазоре B_δ и линейной нагрузки A. Чем больше B_δ и меньше A, тем хуже коэффициент мощности ($\cos\varphi$) электродвигателя. Значения для B_δ и A в зависимости от полюсного деления рекомендуется выбирать по кривым рис. 1-1, а для A также в зависимости от мощности электродвигателей — по кривым рис. 1-2. Линейные нагрузки указаны для электродвигателей с радиальной вентиляцией, а при достаточно интенсивной аксиальной вентиляции нагрузки могут быть повышены примерно на 3,8%.

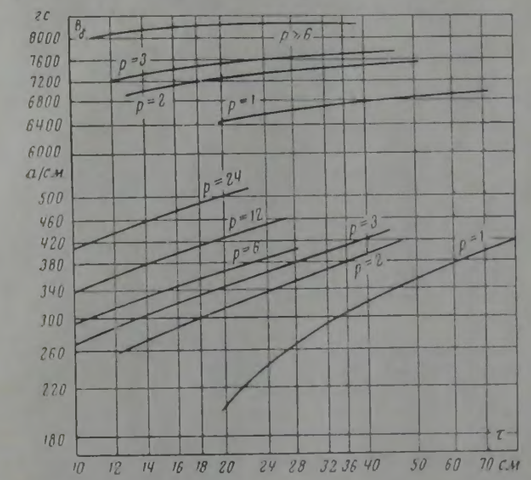


Рис. 1-1. Максимальная индукция в воздушном зазоре B_δ и линейная нагрузка A в зависимости от полюсного деления τ.

Для закрытых и обдуваемых электродвигателей линейные нагрузки следует брать на 5—10% меньше приведенных на рис. 1-1.

Иногда от закрытых электродвигателей требуется повышение их перегрузочной способности, в этом случае рекомендуется повысить индукцию в воздушном пространстве при одновременном снижении линейной нагрузки.

1-5. ЗНАЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАСЧЕТОВ

На улучшение использования в асинхронных электродвигателях активных и конструктивных материалов большое влияние оказывает качество изоляционных материалов.

Изоляционные материалы должны иметь возможно меньшую толщину без снижения их нагревостойкости, электрической и механической прочности.

Существенное улучшение конструкций изоляции класса А низковольтных обмоток электродвигателей может быть достигнуто при использовании высокопрочных эмальпроводов типа винифлекс или им подобных и синтетических пленок.

Триацетатцеллюзные пленки обладают хорошими диэлектрическими свойствами и удовлетворительной влагостойкостью.

Применение эмальпроводов типа винифлекс для статорных обмоток и синтетических пленок для пазовой изоляции позволяет значительно увеличить коэффициент заполнения паза (см. п. «б») по сравнению с ныне применяемыми проводами ПЭЛБО и ПБД и пазовой изоляцией в виде лакоткани с электрокартоном и может дать большой эффект в отношении увеличения мощности или длительности и безаварийности работы электродвигателя. В нормальных электродвигателях мощностью до 100 *квт* на долю меди (по сечению) в пазах статора падает около 20—30% полного сечения паза; остальное же пространство занято пазовой и междувитковой изоляцией, прокладками, клином, воздухом, пропиточным лаком и т. п.

Коэффициент заполнения паза медью, или отношение общего сечения меди, расположенной в пазу, к сечению паза в свету, может быть определен по формуле

$$f_{м.п.к.} = \frac{q_м S_п}{Q_п}, \qquad (1\text{-}15)$$

где $q_м$ — сечение провода, *мм²*;
$S_п$ — число проводников в пазу;
$Q_п$ — сечение паза в свету, *мм²*.

Этот коэффициент ($f_{м.п.к}$) может быть представлен в виде произведения трех коэффициентов, а именно:

$$f_{м.п.к} = f_м f_п f_к,$$

где $f_м$ — коэффициент заполнения изолированных проводов медью;
$f_п$ — коэффициент заполнения изолированными проводами свободного пространства паза;
$f_к$ — отношение сечения свободного пространства паза к сечению паза на свету.

Все приведенные коэффициенты для асинхронных электродвигателей общего применения серии А и АО практически имеют средние значения, приведенные (по данным ВНИИЭМ) в табл. 1-4.

По данным, приведенным в таблице, видно, что коэффициент заполнения паза медью при обычных видах изоляции очень низок;

Таблица 1-4

Для обмоток на напряжение до 500 *в*	$f_м$	$f_п$	$f_к$	$f_{м.п.к}$
Из круглого провода ПЭЛБО	0,59	0,70	0,72	0,30

основную роль в плохом использовании паза играет изоляция провода и паза.

Таким образом, при переходе на более тонкую пазовую и витковую изоляцию с электрическими, механическими и тепловыми показателями, как в старой изоляции, можно повысить коэффициент заполнения паза медью ($f_{м.п.к}$) за счет повышения сечения проводников обмотки, что даст возможность без чрезмерного повышения температуры обмотки, повысить мощность электродвигателя или его надежность в эксплуатации.

Если при модернизации электродвигателя исходить из условия сохранения приблизительно прежнего отношения максимального момента к номинальному и плотности тока, то коэффициент повышения мощности $k_р$ электродвигателя может быть определен по формуле

$$k_р = 1 + 0{,}75\,(k_м - 1), \qquad (1\text{-}16)$$

где $k_м$ — коэффициент повышения заполнения паза медью, равный отношению нового и старого коэффициентов заполнения паза медью.

Приведенная формула дает для $k_р$ достаточную степень точности при коэффициенте $k_м$, изменяющемся в пределах 1,0—1,3.

Из приведенной формулы явствует, что каждый процент повышения заполнения паза медью дает возможность повысить мощность электродвигателя на 0,75%.

В электродвигателях старых серий применяется провод марок ПБД и ПЭЛБО, а в единой серии А и АО (мощностью 0,6—100 *квт*) — ПЭЛБО диаметром 0,59—1,95 *мм*. Изоляция паза статора этих двигателей обычно трехслойная и состоит из двух слоев электрокартона и одного слоя лакоткани между ними, или же двухслойная — из пленкоэлектрокартона. Односторонняя толщина пазовой изоляции составляет от 0,35 *мм* в электродвигателях 3—5-го габаритов и до 0,6 *мм* в электродвигателях 6—9-го габаритов.

При этих условиях коэффициент заполнения паза статора медью составляет в среднем 0,30, изменяясь для электродвигателей от 3-го до 9-го габаритов в пределах 0,30—0,32.

Если заменить в электродвигателе провод марки ПЭЛБО диаметром по меди, равным 1 *мм* (а вместе с изоляцией — равным 1,21 *мм*), на провод марки ПЭВ-2, у которого двусторонняя толщина изоляции равна 0,11 *мм*, сохранив при этом внешний диаметр (с изоляцией), возможно диаметр голой меди увеличить до размера 1,21—0,11 = = 1,1 *мм*, или на 10%, что по сечению составит 21% и приведет к увеличению заполнения паза с 30 до 36,3%, где $k_м = \frac{36{,}3}{30} = 1{,}21$.

Если в формулу (1-16) подставить коэффициент повышения заполнения паза медью $k_м = 1{,}21$, получится, что коэффициент повышения мощности такого электродвигателя $k_р \approx 1{,}16$.

Конкретный пример лучшего использования асинхронного электродвигателя единой серии типа АО-63-4 (14 *квт*, 1 500 *об/мин*) при переходе с провода марки ПЭЛБО на провод марки ПЭВ-2 и при уменьшении пазовой изоляции вдвое приведен в табл. 1-5.

Таблица 1-5

Модернизированный асинхронный электродвигатель АО-63-4, 14 *квт*, 220/380 *в*, 1 500 *об/мин* (по данным ВНИИЭМ)

Параметры электродвигателя	Исходный электродвигатель	Электродвигатель с уменьшенной толщиной изоляции
Коэффициент заполнения паза медью	29	38,5
Мощность электродвигателя, %	100	123
Число проводников в пазу статора	64	60
Марка провода	ПЭЛБО	ПЭВ-2
Толщина изоляции паза, *мм*	0,6	0,3
Пазовый клин	Дерево— 4 *мм*	Слоистый пластик— 3 *мм*
Диаметр провода (голый/изолированный), *мм*	1,3/1,51	1,45/1,56
Коэффициент заполнения свободного пространства паза проводом, %	72,2	72,4
Коэффициент полезного действия, %	89,25	90,2
Коэффициент мощности	0,898	0,899
Вес обмоточного провода, %	100	114
Вес меди обмотки статора, %	100	117

Таким образом, применяя новые виды изоляции для старых серий электродвигателей, в том числе и для электродвигателей серии А и АО, можно путем увеличения коэффициента заполнения паза медью повысить их мощность или, оставляя старую мощность, повысить надежность их работы.

Поэтому при модернизации электрических двигателей с изменением их обмоточных данных рекомендуется применять провод ПЭВ-2 с новыми видами изоляционных материалов для изоляции паза и новыми изоляционными лаками.

1-6. ПОДГОТОВКА К РАСЧЕТУ

Для расчета или пересчета модернизируемых или ремонтируемых электродвигателей в первую очередь следует определить их старые технические и обмоточные данные.

Если на статоре частично или полностью сохранилась старая обмотка — по ней следует определить:

сопряжение фаз (звезда или треугольник);
тип обмотки;
число катушечных групп в фазе и число катушек в группе и их соединение;
общее число проводников в пазу, в том числе и параллельных проводов;
размеры и марку провода (голый и с изоляцией);
размеры вылета лобовых частей;
число пазов;
число пазов на полюс и фазу;
шаг обмотки;
внутренний диаметр активной стали.

Наружный диаметр активной стали статора обычно определяется как сумма внутреннего диаметра и двойной высоты спинки статора с зубцами:

$$D_a = D_i + 2h_a + 2h_z, \qquad (1\text{-}17)$$

где h_a — высота спинки;
h_z — высота зубца.

Форма паза легко определяется снятием его свинцового оттиска с его последующим обмером. Вместо оттиска свинца можно применить легкий картон. Сечение паза $q_п$ в зависимости от его формы определяется по соответствующей формуле (см. табл. 1-6).

Таблица 1-7

Значения магнитной индукции для нормальных асинхронных электродвигателей

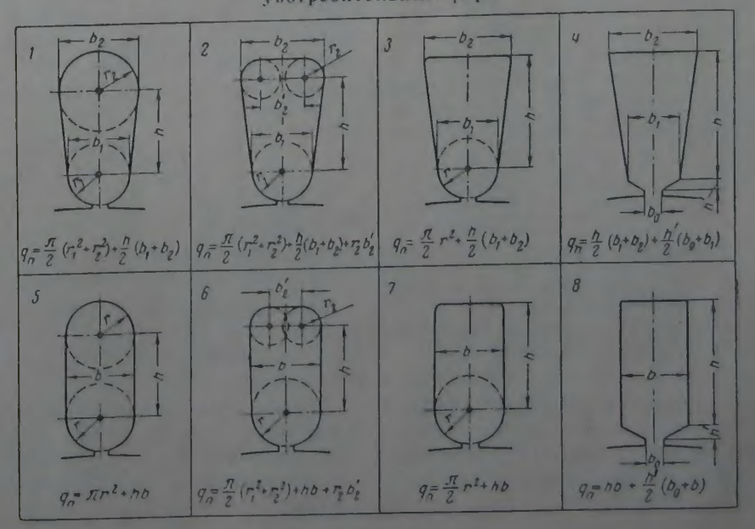
Участки магнитной цепи	Индукция, *гс*
Воздушный зазор	Для $2p=2$ 6 000—6 700 „ $2p>2$ 6 500—8 500
Ярмо статора (спинка)	„ $2p=2$ 12 000—17 000 „ $2p>2$ 10 000—15 000
Зубцы статора в наиболее узком сечении при пазе с параллельными стенками . . .	16 000—21 000
Зубцы статора (в середине, а также трапециевидных и грушевидных пазах)	13 000—17 000
Зубцы ротора (в наиболее узком сечении в пазах с параллельными стенками) . . .	16 000—22 000
Зубцы ротора (в середине, а также при трапециевидных и грушевидных пазах)	14 000—18 000
Ярмо ротора (спинка)	10 000—16 000

Примечания: 1. При открытых пазах на статоре для зубцов ротора следует выбирать индукцию на 5—10% ниже.
2. Если в ярме статора есть вынемки для крепления пакетов, а также аксиальные вентиляционные каналы, индукцию ярма можно принимать 18 000 *гс*.

Значение максимальной индукции в воздушном зазоре определяют по табл. 1-7. Мень-

Таблица 1-6

Формулы для определения площадей пазов статора наиболее употребительных форм



шие значения индукции характерны для электродвигателей закрытого исполнения и меньших мощностей.

Индукцию в воздушном зазоре берут по табл. 1-7 и проверяют по формуле

$$B_\delta = 1{,}57\frac{\Phi}{Q_\delta}\,[гс]. \qquad (1\text{-}18)$$

Значение магнитной индукции в зубце статора на $^1/_3$ его высоты (см. табл. 1-7) проверяют по формуле

$$B_z = 1{,}57\frac{\Phi}{0{,}95Q_z}\,[гс]. \qquad (1\text{-}19)$$

Значение магнитной индукции в спинке статора берут по табл. 1-7 и проверяют по формуле

$$B_a = \frac{\Phi}{2\cdot 0{,}95Q_a}\,[гс]. \qquad (1\text{-}20)$$

Значение линейной нагрузки A для малых электродвигателей (мощностью до 10 *квт*) — 90 — 250 *а/см*, а для больших — 150—380 *а/см* (рис. 1-2) и проверяют по формуле (1-14).

Значение плотности тока обмотки статора определяют по табл. 1-8 и проверяют по формуле

$$\Delta_i = \frac{I_\Phi}{Q_{пров}}.$$

Величина, характеризующая степень нагрева электродвигателей, определяется произведением $A\Delta_i$, которое должно находиться

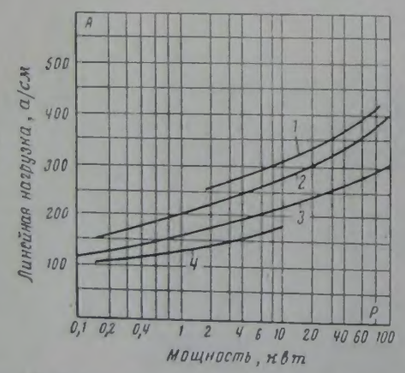


Рис. 1-2. Кривые зависимости линейной нагрузки от мощности асинхронных электродвигателей.

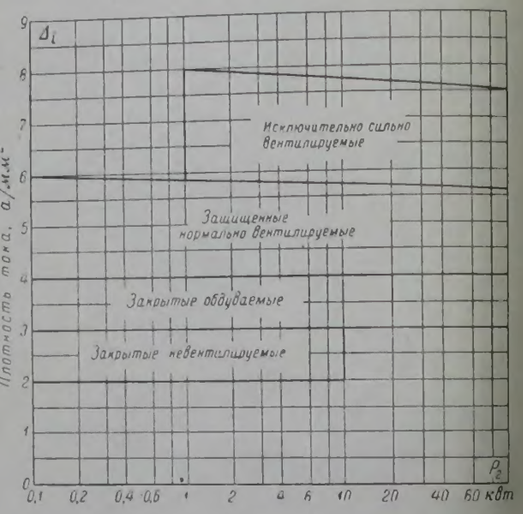
1 — очень сильно вентилируемые; 2 — нормально вентилируемые; 3 — закрытые обдуваемые; 4 — закрытые вентилируемые (продуваемые).

при нормальном нагреве в пределах 1 000—2 200.

При выборе типа статорной обмотки и определении размеров ее отдельных проводников необходимо:

Таблица 1-8

Рекомендуемые плотности тока в обмотке статора трехфазных асинхронных двигателей мощностью до 100 *квт*



1. Учитывать, что при выборе степени укорочения шага обмотки статора наивыгоднейшим является укорочение в пределах 0,75—0,83 диаметрального шага.

2. Стремиться к максимальному использованию площади паза, применяя один или несколько параллельных проводов большого сечения вместо параллельных проводов меньшего сечения, если при этом потери в меди не возрастут.

3. Иметь в виду, что коэффициент заполнения паза с учетом пазовой и междуслойной изоляции характеризует степень использования паза (см. табл. 1-9), особенно пазов трапециевидной и овальной формы, и определяется по формуле

$$f_{из} = \frac{n_п d^2\cdot 0{,}785}{q_п}, \qquad (1\text{-}21)$$

где $n_п$ — число проводников;
d — диаметр проводника;
$q_п$ — сечение паза (берут по табл. 1-9).

При выполнении обмотки секциями равной формы или катушечной обмоткой коэффициент заполнения паза $f_{из}$ может быть доведен до 0,48.

4. При укладке проводников обмотки через шлиц паза, максимальный диаметр обмоточного провода брать по диаметру провода с изоляцией на 0,3—0,4 *мм* меньше ширины шлица.

Таблица 1-9

Коэффициенты заполнения паза (с учетом пазовой и междуслойной изоляции)

Тип паза	Тип обмотки	Пределы коэффициента заполнения паза
Трапециевидный с небольшими закруглениями в углах на дне паза	Однослойная	0,36—0,43
	Двухслойная	0,33—0,40
Овальный с очертанием по окружности	Однослойная	0,40—0,48
	Двухслойная	0,36—0,43

5. Катушечную обмотку в протяжку выполнять проводом ПБД или ПБОО.

6. Не применять прямоугольного провода с сечением, приближающимся к квадрату, во избежание скрутки провода при намотке секций или катушек.

7. Не применять прямоугольного провода с соотношением сторон более чем 3 : 1 во избежание технологических трудностей при намотке.

1-7. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, У КОТОРОГО НЕТ ПАСПОРТА И ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ. ПРИМЕР РАСЧЕТА.

Для восстановления обмоток практически требуется полный расчет электродвигателя.

Расчет иногда приходится неоднократно повторять, так как электродвигатели разных выпусков (серий) имеют различные магнитные и электрические нагрузки, зависящие от мощности, числа оборотов и системы вентиляции электродвигателей.

Зависимость кажущейся мощности, потребляемой электродвигателем из сети, от нагрузки активных материалов и основных его размеров выражается формулой

$$P_s = 1{,}61AB_\delta D_i^2\, l_0 n k_1\cdot 10^{-12}, \qquad (1\text{-}22)$$

где D_i — диаметр расточки статора, *см*;
l_0 — расчетная длина активной стали, *см*; за величину l_0 может быть принята фактическая длина стали за вычетом половины ширины всех вентиляционных каналов (с учетом изоляции между листами стали);
k_1 — обмоточный коэффициент (для обмоток с диаметральным шагом может быть принят равным 0,96);
A — линейная нагрузка, *а/см*;
n — число оборотов в минуту.

До начала расчета снимают все размеры активной стали с вентиляционными каналами, пазов, зубцов. Потом задаются числом оборотов (в соответствии с потребностью) и проверяют степень магнитной загрузки стали. Слишком большими загрузками стали не следует задаваться (см. табл. 1-7).

Задавшись числом оборотов, определяют длину полюсного деления:

$$\tau = \frac{\pi D_i}{2p}, \qquad (1\text{-}23)$$

где D_i — диаметр расточки статора, *см*;
$2p$ — число полюсов.

Определяют величину магнитного потока одного полюса по формуле

$$\Phi = 0{,}637B_\delta\tau l_0, \qquad (1\text{-}24)$$

где B_δ — максимальная индукция в воздушном зазоре, которой задаются по табл. 1-7, *гс*;
l_0 — расчетная длина активной стали, *см*.

Определяют максимальную индукцию в наиболее узком месте зубцов:

$$B_z = 1{,}57\frac{\Phi}{0{,}95Q_z}\,[гс],$$

где Q_z — сечение зубцов в наиболее узком месте, приходящееся на одно полюсное деление, *см²*.

Определяют индукцию в спинке статора:

$$B_a = \frac{\Phi}{2\cdot 0{,}95Q_a}\,[гс],$$

где Q_a — сечение спинки статора, *см²*.

Коэффициент 0,95 учитывает изоляцию между листами стали.

После подсчета всех величин их сопоставляют с данными табл. 1-7.

Если при сопоставлении получится, что индукция в спинке статора окажется меньше, чем следует, это значит, что принятое число полюсов $2p$ больше, чем следует.

Если величина индукции окажется больше, чем указано в табл. 1-7, это покажет, что принятое при расчете число полюсов взято меньше, чем следует.

Если получится, что индукция в зубцах и спинке больше рекомендуемых величин, это покажет, что значение индукции в воздушном зазоре B_δ — велико.

Таким методом определяют число полюсов для заданного электродвигателя, а отсюда и индукцию B_δ и поток Φ.

После проведенных подсчетов задаются по кривым рис. 1-1 величиной линейной нагрузки A и определяют по формуле (1-22) потребляемую электродвигателем мощность P_s.

55952

2 Л. Г. РУФ
Дорожная техническая
БИБЛИОТЕКА
В.-Сиб. жел. дор.

Таблица 1-10

Обмоточный коэффициент в зависимости от коэффициента распределения обмотки и сокращения ее шага

Число катушек в катушечной группе	Коэффициент распределения обмотки	Сокращение шага обмотки в долях единицы β_y								
		0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
		Обмоточный коэффициент									
1	1,000	0,997	0,988	0,972	0,951	0,924	0,891	0,853	0,809	0,760	0,700
2	0,966	0,963	0,954	0,939	0,919	0,893	0,861	0,824	0,781	0,734	0,676
3	0,960	0,957	0,948	0,933	0,913	0,887	0,855	0,819	0,777	0,730	0,672
4	0,958	0,955	0,947	0,931	0,911	0,885	0,854	0,817	0,775	0,728	0,671
5—7	0,957	0,954	0,946	0,930	0,910	0,884	0,853	0,816	0,774	0,727	0,670
8	0,956	0,953	0,945	0,929	0,909	0,883	0,852	0,815	0,773	0,727	0,669
9 и более	0,955	0,952	0,944	0,928	0,908	0,882	0,851	0,815	0,773	0,726	0,668

Затем по кажущейся мощности определяют мощность электродвигателя на валу:

$$P_2 = P_s \eta \cos\varphi, \qquad (1\text{-}25)$$

где η и $\cos\varphi$ — к. п. д. и коэффициент мощности, определяют по табл. 1-2.

Зная фазное напряжение обмоток статора U_1, при котором электродвигатель должен работать, определяют и число последовательно соединенных витков в обмотке одной фазы

$$w_\Phi = \frac{U_1 \cdot 10^8}{2{,}22 k_1 \Phi}. \qquad (1\text{-}26)$$

Коэффициент k_1 для однослойных обмоток с диаметральным шагом может быть принят равным единице, а для двухслойных — по табл. 1-10 в зависимости от сокращения шага.

По потребляемой электродвигателем мощности и линейному напряжению $U_л$ определяют и линейный ток:

$$I_л = \frac{P_s \cdot 1000}{\sqrt{3} U_л}. \qquad (1\text{-}27)$$

По величине тока выбирают сечение проводников. В некоторых случаях может оказаться более целесообразным применение параллельных цепей обмоток.

Сечение проводника определяют по допустимой плотности тока.

Пример расчета обмотки статора и ротора при отсутствии их паспортных данных

Работа электродвигателя предполагается от сети напряжением 500 *в*.

Размеры статора и ротора, снятые с натуры, следующие:

$D_i = 310$ *мм* — диаметр расточки;

$D_a = 460$ *мм* — внешний диаметр;

$l = 195$ *мм* — длина активной стали с воздушными каналами;

$l_c = 165$ *мм* — длина активной стали без воздушных каналов;

$h_a = 43$ *мм* — высота спинки активной стали статора;

$z_1 = 72$ — число пазов статора;

$b_{1з} = 7{,}6$ *мм* — ширина зубца;

$h_{a2} = 42$ *мм* — высота спинки активной стали ротора;

$z_2 = 90$ — число пазов ротора;

$h_{2з} = 21$ *мм* — высота зубца ротора;

$b_{2з} = 4{,}3$ *мм* — ширина зубца.

При расчете указывается заданное число оборотов в минуту. В данном случае число оборотов в минуту принято 1 500 *об/мин*, т. е. $2p = 4$.

Расчет

По формуле (1-23) определяют величину полюсного деления:

$$\tau = \frac{\pi D_i}{2p} = \frac{3{,}14 \cdot 31{,}0}{4} = 24{,}3 \text{ см}.$$

Задаются индукцией в воздушном зазоре в соответствии с табл. 1-7. Для данного случая принимается:

$$B_\delta = 7\,800 \text{ гс}.$$

Определяют расчетную длину активной стали:

$$l_0 = 19{,}5 - \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 1 = 18 \text{ см}.$$

По формуле (1-24) определяют величину магнитного потока:

$$\Phi = 0{,}637 B_\delta \tau l_0 = 0{,}637 \cdot 7\,800 \cdot 24{,}3 \cdot 18 = 2\,175\,000 \text{ мкс}.$$

Определяют сечение зубцов статора, приходящееся на полюсное деление,

$$Q_z = \frac{z_1}{2p} b_з l_c = \frac{z_1}{2p} \cdot 0{,}76 \cdot 16{,}5 = 226 \text{ см}^2. \qquad (1\text{-}28)$$

По формуле (1-19) определяют максимальную индукцию в зубце статора:

$$B_z = 1{,}57 \cdot \frac{\Phi}{0{,}95 Q_z} = 1{,}57 \frac{2\,175\,000}{0{,}95 \cdot 226} = 15\,900 \text{ гс}.$$

По формуле (1-20) определяют величину индукции в спинке статора:

$$B_a = \frac{\Phi}{2 \cdot 0{,}95 \cdot l_c h_a} = \frac{\Phi}{2 \cdot 0{,}95 \cdot 4{,}3 \cdot 16{,}5} =$$

$$= \frac{2\,175\,000}{2 \cdot 0{,}95 \cdot 16{,}5 \cdot 4{,}3} = 16\,200 \text{ гс}.$$

Полученную величину сопоставляют с величиной по табл. 1-7, откуда видно, что индукция получилась завышенной, поэтому вместо $2p = 4$ приходится переходить на $2p = 6$ и повторно произвести подсчет:

$$\tau = \frac{\pi D_i}{2p} = \frac{3{,}14 \cdot 31}{6} = 16{,}1 \text{ см}.$$

$$\Phi = 0{,}637 B_\delta \tau l_0 = 0{,}637 \cdot 7\,800 \cdot 16{,}2 \cdot 18 =$$

$$= 1\,450\,000 \text{ мкс};$$

$$Q_z = \frac{z_1}{2p} \cdot 0{,}76 \cdot 16{,}5 = \frac{76}{6} \cdot 0{,}76 \cdot 16{,}5 = 150{,}5 \text{ см}^2;$$

$$B_z = 1{,}57 \cdot \frac{\Phi}{0{,}95 \cdot Q_z} = 1{,}57 \cdot \frac{1\,450\,000}{0{,}95 \cdot 150{,}5} = 15\,900 \text{ гс};$$

$$B_a = \frac{\Phi}{2 \cdot 0{,}95 Q_a} = \frac{1\,450\,000}{2 \cdot 0{,}95 \cdot 16{,}5 \cdot 4{,}3} = 10\,700 \text{ гс}.$$

Ротор

Максимальная индукция в зубцах ротора в наиболее узком месте, где ширина зубца равна 0,5 *см*, а сечение равно:

$$Q_{z_2} = \frac{z_2}{2p} \cdot 0{,}5 \cdot 16{,}5 = \frac{90}{6} \cdot 0{,}5 \cdot 16{,}5 \approx 124 \text{ см}^2,$$

$$B_{z_2} = 1{,}57 \cdot \frac{\Phi}{0{,}95 Q_{z_2}} = \frac{1{,}57 \cdot 1\,450\,000}{0{,}95 \cdot 124} = 19\,300 \text{ гс};$$

определяют величину индукции в спинке ротора:

$$B_{a_2} = \frac{\Phi}{2 \cdot 0{,}95 Q_{a_2}} = \frac{1\,450\,000}{2 \cdot 0{,}95 \cdot 4{,}2 \cdot 16{,}5} = 11\,000 \text{ гс}.$$

Полученные величины индукции соответствуют данным табл. 1-7, и поэтому следует остановиться на $2p = 6$.

В особых случаях, когда необходим электродвигатель на $2p = 4$, можно оставить $2p = 4$ для работы на пониженную мощность. Если электродвигатель старых серий, где активная сталь обычно недостаточно использована, можно грузить его на номинальную мощность, предварительно испытав его.

Если ориентировочно принять мощность электродвигателя 40—60 *квт*, то, пользуясь кривой *2* на рис. 1-2, для электродвигателя с нормальной вентиляцией величину линейной нагрузки A принимают равной 330.

По формуле (1-22) определяют потребляемую электродвигателем мощность от сети:

$$P_s = 1{,}61 A B_\delta D_i^2 l_0 n k \cdot 10^{-12},$$

$$P_s = 1{,}161 \cdot 330 \cdot 7\,800 \cdot 31^2 \cdot 18 \cdot 1\,000 \cdot 0{,}96 \cdot 10^{-12} =$$

$$= 49{,}5 \text{ ква}.$$

Для данной мощности по табл. 1-2 определяют величину к. п. д. η и коэффициента мощности $\cos\varphi$:

$$\eta = 0{,}9; \ \cos\varphi = 0{,}86.$$

Затем подсчитывают мощность на валу [см. формулу (1-25)]:

$$P_2 = P_s \eta \cos\varphi = 49{,}5 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}86 = 38 \text{ квт}.$$

По формуле (1-26) подсчитывают число последовательно соединенных витков в одной фазе статорной обмотки при соединении звездой:

$$w_\Phi = \frac{U_1 \cdot 10^8}{2{,}22 \cdot k' \Phi},$$

где k' — коэффициент для однослойных обмоток с диаметральным шагом, может быть принят равным единице.

Для двухслойных обмоток коэффициент берется в зависимости от сокращения шага обмотки по табл. 1-10.

Предполагая выполнить обмотку двухслойной с сокращением шага, равным 0,85, для которой $k' = 0{,}972$ (см. табл. 1-10), определяют число последовательно соединенных витков в обмотке одной фазы.

$$w_\Phi = \frac{U_1 \cdot 10^8}{2{,}22 k' \Phi} = \frac{\frac{500}{\sqrt{3}} 10^8}{2{,}22 \cdot 0{,}972 \cdot 1\,450\,000} = 92.$$

По формуле (1-27) определяют линейный ток:

$$I_л = \frac{P_s \cdot 1000}{\sqrt{3} U} = \frac{49{,}5 \cdot 1000}{1{,}73 \cdot 500} = 57{,}2 \text{ а}.$$

В соответствии с табл. 1-8 принимают допустимую плотность тока, равную 5 *а/мм²* (для электродвигателя с нормальной вентиляцией), и определяют сечение обмоточного провода:

$$q_п = \frac{I_л}{\Delta_i} = \frac{57{,}2}{5} = 11{,}44 \text{ мм}^2.$$

Так как обычно шлиц паза статора равен 3 *мм*, а обмотку следует укладывать через шлиц, поэтому удобнее для свободного прохода провода через шлиц при производстве обмоточных работ принять четыре параллельные ветви в обмотке, применив для этого круглый провод сечением

$$\frac{11{,}44}{4} = 2{,}86 \text{ мм}^2.$$

По каталогу на медь ближайшее сечение 2,99 *мм²* с диаметром 1,93 *мм*.

Определяют число пазов на фазу:

$$n_п = \frac{z}{3} = \frac{72}{3} = 24.$$

Каждая ветвь займет $\frac{24}{4} = 6$ пазов, а число проводников в пазу при $w_\Phi = 92$ составит $\frac{92}{3} = 30\frac{2}{3}$.

Для осуществления двухслойной обмотки число проводников в пазу округляют до величины, равной 30, где в каждой катушке будет по $\frac{30}{2} = 15$ витков.

В каждой фазе будет $2p = 6$ катушечных групп, а каждая группа будет состоять из четырех катушек, соединенных параллельно.

(Всего катушек по числу пазов 72, а в каждой фазе будет $\frac{72}{3} = 24$ катушки, что при наличии шести катушечных групп дает в каждой группе по $\frac{24}{6} = 4$ катушки.)

Катушечные группы соединяют последовательно.

Обмотка ротора, как обычно, выполняется двухслойной стержневой, волновой, по 2 стержня сечением $2{,}8 \times 8{,}5 = 23{,}3$ *мм²*, а фазы соединены звездой.

Определяют ток ротора по формуле

$$I_2 = 0{,}85 \frac{I_1 k_1 w_1}{k_2 w_2}, \qquad (1\text{-}29)$$

где k_1 — обмоточный коэффициент статорной обмотки, равный 0,972;

ω_2 — число последовательно соединенных витков ротора в каждой фазе, равное $\frac{90}{3}=30$;

k_{o_2} — обмоточный коэффициент роторной обмотки, равный 0,[illegible];

I_1 — ток статора;

0,85 — учитывает, что ампер-витки статора на 15% больше ампер-витков ротора;

$$I_2 = 0{,}85 \cdot \frac{57{,}2 \cdot 0{,}972 \cdot 92}{0{,}96 \cdot 30} = 150 \text{ а}.$$

Плотность тока в роторной обмотке равна:

$$\Delta_2 = \frac{150}{23{,}8} = 6{,}25 \text{ а/мм}^2$$

Напряжение между кольцами ротора при неподвижном роторе определяется по формуле

$$E_2 = U_л \frac{\omega_2 k_2}{\omega_1 k_1} = 500 \cdot \frac{30 \cdot 0{,}96}{92 \cdot 0{,}972} = 162 \text{ в}. \qquad (1\text{-}30)$$

Таким образом, электродвигатель имеет следующие данные:

$P_2 = 38$ *квт*; $n = 1\,000$ *об/мин* (синхронных);

$I_1 = 57{,}2$ *а*; $U = 500$ *в*; $I_2 = 150$ *а*;

напряжение на кольцах ротора 162 *в*.

1-8. УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

а) Определение количества витков в одной секции

Если требуется определить данные электродвигателя, у которого отсутствуют старая обмотка и табличка с техническими данными, то после снятия основных размеров активной стали статора следует определить возможное наименьшее число полюсов, допустимое для активной стали этого электродвигателя, по формуле

$$2p = 0{,}5 \frac{D_i}{h_a}, \qquad (1\text{-}31)$$

где D_i — внутренний диаметр активной стали;

h_a — высота спинки активной стали статора.

Полученный результат следует округлить до ближайшего четного числа, учитывая при этом, что для меньшего числа полюсов данный электродвигатель не будет пригоден

Если требуется перемотать электродвигатель на большее число полюсов, чем число, полученное по формуле (1-31), необходимо предварительно проверить величину индукции в воздушном зазоре B_δ.

Для определения числа витков в фазе необходимо предварительно определить сечение полюсного деления по формуле

$$Q_\delta = \frac{\pi D_i l}{2p} \quad [см^2], \qquad (1\text{-}32)$$

где l — длина активной стали с каналами, после чего по графику рис. 1-3 определяют количество витков.

Число последовательно соединенных витков, получаемых по графику рис. 1-3, соответствует напряжению $U_л$ = 220 *в*; для электродвигателей с напряжением U', отличным от 220 *в*, можно пользоваться этим же графиком, но при этом

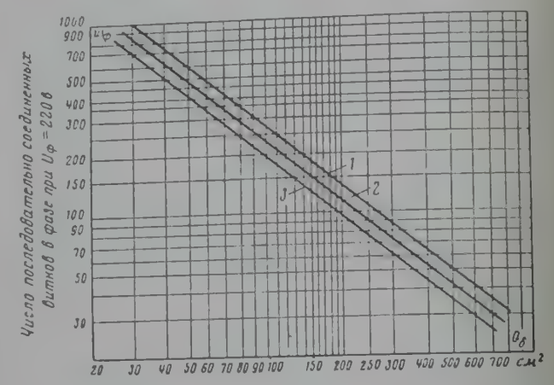


Рис. 1-3. График для определения последовательно соединенных витков в фазе.

1 — для электродвигателей АД, А, АЛ, АОЛ и др., у которых $0{,}5\frac{D}{h} < 3$; *2* — для электродвигателей, кроме тех, у которых $2p = 2$: *3* — для электродвигателей Р, АД, МА, АТ, МТ и пр., $Q_δ$ — площадь полюсного деления, равная $\frac{3{,}14 D_i l}{2p}$ [$см^2$].

полученные данные $\omega_ф$ пересчитывают по формуле

$$\omega' = \omega_ф \frac{U'}{220}, \qquad (1\text{-}33)$$

где $\omega_ф$ — число витков, полученных по графику;

U' — напряжение электродвигателя, отличное от 220 *в*;

ω' — новое число витков, соответствующее U'.

При определении числа витков фазы следует учитывать, что если полученное число не делится на $z_1/6$ (z_1 — число пазов статора), следует принимать ближайшее другое число, кратное $z_1/6$. Найденное таким путем число витков в фазе является приближенным.

Число витков в каждой секции определяется делением числа витков фазы на число секций в ней, где для катушечных и однослойных обмоток число секций в фазе должно равняться $^1/_6$ части всех пазов статора ($z_1/6$), а для двухслойных обмоток — $z_1/3$.

Число витков в секции во всех случаях должно быть целым числом и кратным числу $z_1/6$ для однослойных и катушечных обмоток и $z_1/3$ для двухслойных и при этом равняться четному числу.

Руководствуясь табл. 1-7 допустимых величин магнитной индукции в спинке статора и исходя из полученного количества витков, действительную индукцию проверяют по формуле

$$B_a = \frac{\Phi}{2 \cdot 0{,}95 Q_a} \quad [гс],$$

где Q_a — сечение спинки статора, определяемое по формуле

$$Q_a = l_a h_a \quad [см^2],$$

где l_a — длина активной стали статора, *см*;

h_a — высота спинки стали статора, *см*.

Если полученная величина индукции выходит за пределы данных табл. 1-7, следует число витков, полученное по графику рис. 1-3, изменить на близкое число, но тоже кратное $z/6$, и снова проверить величину индукции в спинке по формуле

$$B_{a1} = B_a \frac{\omega}{\omega_1} \quad [гс], \qquad (1\text{-}34)$$

где B_{a1} — новое значение индукции в спинке;

ω_1 — новое число витков фазы, кратное $z_1/6$.

При определении данных для электродвигателей мощностью выше 10 *квт* следует проверить и величину индукции в воздушном зазоре по формуле

$$B_\delta = \frac{1{,}57 \cdot 10^3}{Q_\delta \omega_1} \quad [гс],$$

а полученную величину сопоставить с данными табл. 1-7.

Число витков, определенных по графику рис. 1-3, можно считать удовлетворительным, если величины индукции B_a и B_δ не выходят за пределы данных табл. 1-7.

Следует учесть, что так же определяют и допустимые значения индукции в зубцах статора и сердечнике ротора.

В двухслойных обмотках с укороченным шагом количество витков следует разделить на коэффициент 0,92 как средний из встречающихся коэффициентов.

б) Определение сечения обмоточного провода

Зная число витков в одной секции при однослойной обмотке, эту величину можно принимать за количество проводников в пазу.

Определяя после замера паза на статоре его сечение (см. табл. 1-6) и принимая величину коэффициента заполнения паза проводом с изоляцией равной 0,40, определяют полное сечение изолированного провода в пазу:

$$S_м = q_п k_п \quad [мм^2],$$

где $S_м$ — полное сечение всего изолированного провода в пазу, $мм^2$;

$q_п$ — площадь сечения паза, $мм^2$;

$k_п$ — коэффициент заполнения паза.

Зная полное сечение меди и число витков в пазу, определяют и сечение изолированного проводника:

$$S_{пр} = \frac{S_м}{\omega} \quad [мм^2].$$

Для определения величины тока пользуются формулой

$$I_ф = S_{пр} \Delta_1,$$

где Δ_1 — плотность тока, величина которой определяется по табл. 1-8.

в) Определение мощности электродвигателя по данным его размеров

Если размеры и скорость вращения электродвигателя известны, то может быть определена и его мощность.

Для определения мощности трехфазных асинхронных электродвигателей можно применить следующую формулу:

$$P_2 = C D_i^2 l n \quad [квт], \qquad (1\text{-}35)$$

где C — постоянная мощности, определяемая по кривой рис. 1-4;

D_i — внутренний диаметр активной стали статора, *см*;

l — длина активной стали статора по его оси, включая и вентиляционные каналы, *см*;

n — синхронное число оборотов в минуту.

Приведенная кривая на рис. 1-4 и формула (1-35) могут быть использованы для определения мощности при перемотке электродвигателей, когда задана скорость вращения и известны размеры активной стали статора.

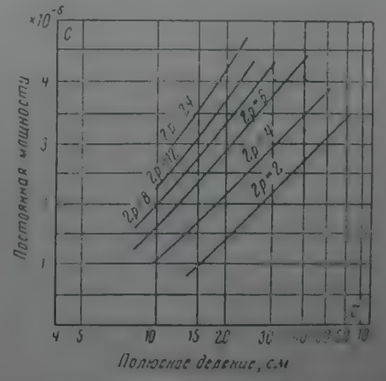


Рис. 1-4. Постоянная мощности для асинхронных электродвигателей в зависимости от полюсного деления

г) Примеры упрощенного расчета асинхронных электродвигателей, подлежащих ремонту

Пример 1. Электродвигатель с внутренним диаметром расточки стали статора $D_i=195$ *мм*, длиной активной стали $l=128$ *мм*, высотой спинки статора $h_a=20$ *мм*, числом пазов $z_1=36$ и диаметром конца вала, равным 50 *мм*. Требуется определить его минимальное число полюсов, магнитные нагрузки и мощность.

Решение. По формуле (1-31) определяют наименьшее число полюсов, допустимое для электродвигателя с приведенными размерами:

$$2p=0{,}5\,\frac{D_i}{h_a}=0{,}5\cdot\frac{19{,}5}{2{,}0}=4{,}85=4.$$

2. Для определения приблизительного числа витков в фазе по кривой рис. 1-3 следует предварительно определить площадь полюсного деления и проверить по формуле (1-32):

$$Q_\delta=\frac{\pi D_i l}{2p}=\frac{3{,}14\cdot19{,}5\cdot12{,}8}{4}=195\ см^2$$

3. Зная Q_δ, по кривой рис. 1-3 определяют число витков в фазе:

$$\omega_\phi=90.$$

Так как при однослойных обмотках число секций должно быть кратным $\frac{z_1}{6}=\frac{36}{6}=6$, то число витков $\omega_\phi=90$ приемлемо.

4. При полученном числе витков необходимо определить величину индукции в спинке статора, для чего предварительно определяют ее сечение:

$$Q_a=l_a h_a=12{,}8\cdot2{,}0=25{,}6\ см^2.$$

5. По формуле (1-20) определяют величину индукции:

$$B_a=\frac{\Phi}{2\cdot0{,}95Q_a}=\frac{961\cdot800}{2\cdot0{,}95\cdot25{,}6}=18\,800\ гс,$$

где Φ определяется по формуле (1-24).

При сравнении полученного результата с данными табл. 1-7 видно, что полученная индукция чрезмерно велика, поэтому необходимо увеличить число витков в фазе, исходя из формулы (1-34).

Если принять величину ω равной 102 $(90+12)$, то

$$B_{a_1}=18\,000\cdot\frac{90}{102}=16\,600\ гс,$$

что также не соответствует данным табл. 1-7, поэтому принимается число $\omega=132$, кратное числу

$$\frac{z}{6}=\frac{36}{6}=6,$$

тогда

$$B_{a_1}=18\,800\cdot\frac{90}{132}=12\,800\ гс.$$

Эта величина индукции соответствует данным табл. 1-7.

6. Зная число витков в фазе, можно определить и число витков в секции для однослойной катушечной обмотки:

$$\omega_c=\frac{132{,}6}{\frac{z}{2}}=\frac{132{,}6}{36}=22\ \text{витка}.$$

Если требуется намотать электродвигатель двухслойной обмоткой с диаметральным шагом, то число витков будет:

$$\omega=\frac{\omega_c}{2}=\frac{22}{2}=11,$$

а при укороченном шаге

$$\omega_1=\frac{11}{0{,}92}\approx12\ \text{витков}.$$

7. Для определения мощности электродвигателя следует пользоваться формулой (1-35) и кривой рис. 1-4, для чего предварительно определяют величину полюсного деления:

$$\tau=\frac{\pi D_i}{2p}=\frac{3{,}14\cdot19{,}5}{4}=15{,}6\ см.$$

После определения величины τ определяют величину постоянной мощности C.

Для данного случая по кривой рис. 1-4 $C=2\cdot10^{-6}$ и мощность по формуле (1-35) будет:

$$P_2=2\cdot10^{-6}\cdot19{,}5^2\cdot12{,}8\cdot1\,500=14{,}5\ квт.$$

8. После определения мощности электродвигателя можно по кривой рис. 1-5 установить соответствие диаметра конца вала, равного 50 *мм*.

Пример 2. Электродвигатель защищенного исполнения без заводской обмотки и таблички, у которого

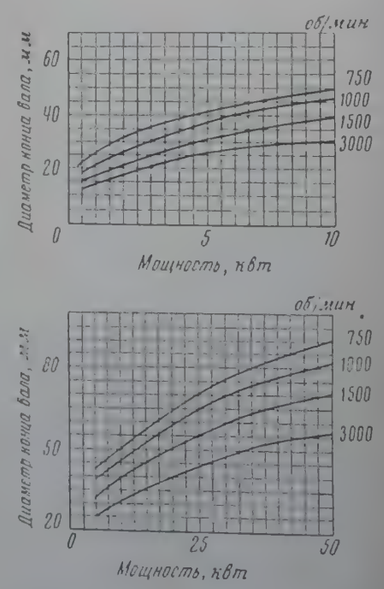


Рис. 1-5. График для приближенного определения допускаемой механической нагрузки на вал.

внутренний диаметр расточки активной стали $D_i=350$ *мм*, длина активной стали $l=210$ *мм*, высота стенки активной стали $h_a=45$ *мм*, число пазов $z=72$, диаметр конца вала равен 80 *мм*. Требуется намотать его в восьмиполюсном исполнении, $2p=8$.

Решение. Следует определить наименьшее число полюсов, приемлемое для статора электродвигателя с приведенными размерами:

$$2p=0{,}5\,\frac{D_i}{h_a}=0{,}5\cdot\frac{35}{2{,}5}=3{,}9,$$

или $2p=4$.

Полученное число полюсов меньше $2p=8$, поэтому этот электродвигатель может быть выполнен с требуемым количеством полюсов, равным $2p=8$.

Для определения приблизительного количества витков в фазе, пользуясь для этого кривой рис. 1-3, необходимо предварительно определить площадь полюсного деления [см. формулу (1-32)]:

$$Q_\delta=\frac{\pi D_i l}{2p}=\frac{3{,}14\cdot35\cdot21}{8}=288\ см^2.$$

По величине Q_δ определяют число витков в фазе (см. рис. 1-3), где $\omega=62$.

Такое количество витков не делится на результат от деления $\frac{z}{6}=\frac{72}{6}=12$, поэтому число витков принимают равным $\omega=60$

После определения числа витков необходимо определить величину индукции в спинке статора. Предварительно определяют сечение спинки статора:

$$Q_a=l_a h_a=21\cdot4{,}5=94{,}5\ см^2.$$

Определяют величину индукции:

$$B_a=\frac{0{,}5\cdot10^8}{Q_a\omega}=\frac{0{,}5\cdot10^8}{94{,}5\cdot60}=8\,800\ гс. \qquad (1\text{-}36)$$

Учитывая, что с ростом числа полюсов индукция в спинке статора уменьшается, а в воздушном зазоре увеличивается, для окончательного уточнения величины индукции в спинке активной стали статора следует предварительно проверить величину индукции в зазоре по формуле

$$B_\delta=\frac{1{,}57\cdot10^8}{288\cdot60}=9\,100\ гс.$$

Такая величина индукции не соответствует данным табл. 1-7, поэтому вместо $\omega=60$ принимают $\omega_1=72$ $(60+12)$, и тогда по формуле (1-34) определяют новую величину индукции в воздушном зазоре:

$$B_\delta=9\,100\,\frac{60}{72}=7\,550\ гс,$$

что вполне допустимо; при этом индукция в спинке статора будет:

$$B_a=8\,800\,\frac{60}{72}=7\,350\ гс.$$

Такая индукция в спинке занижена, и электродвигатель мог быть выполнен с меньшим количеством полюсов.

Электродвигатель при $2p=8$ будет хорошо работать при недостаточном использовании активной стали спинки статора.

Зная число витков в фазе, можно определить и число витков в секции. Для двухслойной обмотки с укороченным шагом число витков в секции будет:

$$\omega_c=\frac{72}{6\cdot2\cdot0{,}92}=5{,}5;\ \text{принимается}\ \omega_c=6.$$

Для определения мощности электродвигателя необходимо предварительно определить величину τ:

$$\tau=\frac{\pi D_i}{2p}=\frac{3{,}14\cdot35}{8}=13{,}8\ см,$$

и по кривой рис. 1-4 определяют величину постоянной мощности $C=2{,}5\cdot10^{-6}$.

Мощность электродвигателя по формуле (1-35) равна:

$$P_2=2{,}5\cdot10^{-6}\cdot35^2\cdot21\cdot750=48{,}2\ квт.$$

Соответствие диаметра конца вала данной мощности проверяется по кривой рис. 1-5.

Пример 3. Определить приблизительную мощность электродвигателя нормального исполнения, число полюсов которого равно $2p=4$, сечение обмоточного провода $S_{пр}=3{,}3\ мм^2$, $U=380\ в$, соединение фаз — «звезда», $z_1=36$, число проводников в пазу $S_п=22$, $\tau=12{,}6\ см$.

Решение. По табл. 1-8, исходя из конструкции данного электродвигателя, определяют допустимую плотность тока:

$$\Delta_1=4{,}5\ а/мм^2.$$

Зная допустимую плотность тока и сечение обмоточного провода, можно определить и ток статора:

$$I_1=4{,}5\cdot3{,}3=14{,}8\ а.$$

Определяют линейную нагрузку A, которая равна:

$$A=\frac{zS_п I_1}{2p\pi a}=\frac{36\cdot22\cdot14{,}8}{4\cdot12{,}6\cdot1}=233\ а/см, \qquad (1\text{-}37)$$

что для данного типа электродвигателя находится в пределах норм.

По формуле (1-9) определяют кажущуюся мощность:

$$P_s=\frac{1{,}73\cdot380\cdot14{,}8}{1\,000}=9{,}75\ ква.$$

Определяя по табл. 1-2 значения $\cos\varphi=0{,}86$ и $\eta=86\%$, находят [по формуле (1-7)] полезную мощность электродвигателя:

$$P_2=\frac{1{,}73\cdot380\cdot14{,}8\cdot0{,}86\cdot0{,}86}{1\,000}=7{,}3\ квт.$$

1-9. ПЕРЕСЧЕТ ОБМОТКИ НА ДРУГОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Если переключением схемы обмоток получить нужное напряжение не удается, обмотка электродвигателя должна быть вновь рассчитана, а статор перемотан по вновь полученным данным.

При пересчете необходимо учитывать следующее:

1) Магнитный поток не должен быть изменен или в случае особой необходимости может быть изменен не больше чем на 5%.

2) Объем тока в пазу должен оставаться без изменения или при надобности может быть изменен не больше чем на 5%.

Если при перемотке качество изоляции меняется на высший класс с применением специальных пропиточных лаков, поток и объем тока могут быть соответственно повышены.

При соблюдении вышеприведенных условий обмотка статора перемотанного электродвигателя по новым данным будет работать в тех же условиях, что и до перемотки.

Чтобы сохранить поток в новой обмотке на прежнем уровне, следует подобрать витки, исходя из равенства

$$\omega'_{н} = \omega'_{с} \frac{U'_{н}}{U'_{с}}, \qquad (1\text{-}38)$$

где $\omega'_{н}$ — новое число витков;
$\omega'_{с}$ — старое число витков;
$U'_{н}$ — новое напряжение;
$U'_{с}$ — старое напряжение.

Объем тока в пазу равен:

$$S_{п} \frac{I_{ф}}{a},$$

где $S_{п}$ — число последовательно соединенных проводников в одном пазу;
$I_{ф}$ — ток в фазе;
a — число параллельных ветвей.

Если при расчете электродвигателя на новое напряжение его мощность остается прежней, то величина тока будет меняться обратно пропорционально напряжению:

$$\frac{I_{фн}}{I_{фс}} = \frac{U_{с}}{U_{н}}.$$

Поэтому для сохранения объема тока в пазу необходимо:

$$S_{п.н} = S_{п.с} \frac{U_{н}}{U_{с}} \cdot \frac{a_{н}}{a_{с}}. \qquad (1\text{-}39)$$

Полное число последовательно соединенных витков в фазе будет равно:

$$\omega_{н} = \frac{z_1 S_{п.н}}{2 m a_{н}} \text{ или } \omega_{н} = \omega_{с} \frac{S_{п.н}}{S_{п.с}} \frac{a_{с}}{a_{н}} = \omega_{с} \frac{U_{н}}{U_{с}},$$

где z_1 — число пазов;
$S_{п.н}$ — новое число последовательно соединенных проводников в одном пазу;
m — число фаз.

Таким образом, для сохранения магнитного потока на прежнем уровне необходимо, чтобы число эффективных проводников в пазу было изменено по формуле

$$\frac{S_{п.н}}{S_{п.с}} = \frac{U_{н} a_{н}}{U_{с} a_{с}}.$$

Для предупреждения чрезмерного нагрева обмотки сечение меди параллельной ветви должно быть изменено так, чтобы плотность тока оставалась на прежнем уровне, если конструктивно класс изоляции обмотки не будет изменен.

Если в основу принять старую плотность тока, то сечение нового провода определится по формуле

$$q_{н} = q_{с} \frac{U_{с}}{U_{н}}, \qquad (1\text{-}40)$$

где $q_{н}$ — сечение нового обмоточного провода;
$q_{с}$ — сечение старого обмоточного провода.

Кроме того, при перемотке электродвигателей на другое напряжение с сохранением прежней мощности его ток изменится обратно пропорционально напряжению и будет:

$$I_{н} = \frac{U_{с} I_{с}}{U_{н}}. \qquad (1\text{-}41)$$

При расчете новой обмотки можно применить различные комбинации параллельных ветвей, сохранив при этом числа последовательно соединенных витков в фазе в соответствии с расчетом, так как это определяет напряжение, при котором электродвигатель должен работать, а выбор сечения обмоточного провода зависит от допустимой плотности тока для данного типа электродвигателя.

Пример 1. Требуется перемотать обмотку статора электродвигателя напряжением 127/220 *в*, у которого обмотки фаз соединены треугольник/звезда ($\Delta/\curlyvee$), напряжение 220/380 *в*. Число пазов электродвигателя $z_1 = 36$, обмотка однослойная с числом катушек в фазе, равным шести, $n_{к} = 6$, катушечные группы соединены последовательно, число последовательно соединенных витков в фазе $\omega_{ф} = 132$, а в каждой катушке 22 витка, соединенных в две параллельные ветви, при диаметре обмоточного провода 1,56 *мм* (сечение 1,91 *мм*^{2}).

Решение. Для пересчета на другое напряжение необходимо определить число последовательно соединенных витков в фазе новой обмотки:

$$\omega_{н} = \omega_{с} \frac{U_{н}}{U_{с}} = 132 \frac{220}{127} = 228 \text{ витков}.$$

Сечение обмоточного провода новой обмотки (при сохранении старой плотности тока)

$$q_{н} = q_{с} \frac{U_{с}}{U_{н}} = 2 \cdot 1{,}91 \cdot \frac{127}{220} = 2{,}2 \text{ мм}^2,$$

где 2 — число параллельных ветвей.

Вместо двух параллельных ветвей сечением провода 2,2 *мм*^{2} можно принять один провод диаметром 1,68 *мм* (сечением 2,22 *мм*^{2}), если он пройдет через шлиц паза. При такой замене старая обмотка может оставаться без изменения.

Число витков в катушке определится по формуле

$$\frac{\omega_{н}}{n_{к}} = \frac{228}{6} = 38.$$

Пример 2. Требуется перемотать электродвигатель напряжением $U = 127/220$ *в* на напряжение $U = 220/380$ *в*. Обмотка двухслойная, соединение фаз треугольник — звезда ($\Delta/\curlyvee$), число эффективных проводов в пазу $S_{п} = 42$, число параллельных ветвей $a = 2$, диаметр обмоточного провода $d = 1{,}56/1{,}81$ *мм* (сечение 1,91/2,58 *мм*^{2}).

Решение. Для сохранения величины магнитного потока и объема тока в пазу число эффективных проводников в пазу при $a = 1$ следует определить по формуле

$$S_{п.н} = S_{п.с} \frac{U_{н} a_{н}}{U_{с} a_{с}} = 42 \cdot \frac{380 \cdot 1}{220 \cdot 2} = 36{,}3.$$

Так как число проводников в пазу $S_{п}$ должно быть целым и делиться на 2 (обмотка двухслойная), то величина $S_{п.н}$ принимается равной 36, что ведет к повышению магнитного потока приблизительно на 1% $\left(\frac{36{,}4}{36} = 1{,}01\right)$.

Сечение обмоточного провода новой обмотки определится по формуле

$$q_{н} = q_{с} \frac{S_{п.с}}{S_{п.н}} = 1{,}91 \cdot \frac{42}{36} = 2{,}23 \text{ мм}^2,$$

где диаметр одинарного провода будет равен:

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 2{,}23} = 1{,}68 \text{ мм}.$$

Общее сечение меди в пазу при старой обмотке было:

$$S_{п.с} q_{с} = 42 \cdot 1{,}91 = 80{,}3 \text{ мм}^2,$$

а при новой

$$S_{п.н} q_{н} = 36 \cdot 2{,}23 = 80{,}4 \text{ мм}^2.$$

Как видно из результатов подсчета, сечение меди в пазу как при старой обмотке, так и новой одинаковое.

После проведенного подсчета можно проверить, как новая обмотка укладывается в паз.

Общее сечение изолированной меди в пазу было:

$$S_{п.с} q_{с} = 42 \cdot 2{,}58 = 108{,}5 \text{ мм}^2$$

с сечением провода, равным $0{,}785 \cdot 1{,}81^2 = 2{,}58$ *мм*^{2}, а при новой обмотке

$$q_{н} = 0{,}785 \cdot 1{,}93^2 = 2{,}93 \text{ мм}^2$$

с общим сечением меди в пазу

$$S_{п.н} q_{н} = 36 \cdot 2{,}93 = 105{,}5 \text{ мм}^2.$$

Из произведенных подсчетов видно, что сечение меди (с изоляцией) в пазу при новой обмотке несколько меньше, поэтому и в отношении укладки в паз затруднений не будет.

Новую обмотку следует изготовить с числом катушек, равным старой обмотке с тем же шагом.

Число эффективных витков в катушке должно быть равным $\frac{S_{п.н}}{2} = \frac{36}{2} = 18$, вместо $\frac{S_{п.с}}{2} = \frac{42}{2} = 21$, а диаметр провода 1,68/1,93 *мм* вместо 1,56/1,81 *мм*.

Катушечные группы должны быть соединены последовательно вместо двух параллельных ветвей в старой обмотке.

1-10. ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННЫХ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ДРУГОЕ ЧИСЛО ОБОРОТОВ

А. Если скорость вращения двухполюсного асинхронного электродвигателя равна:

$$n = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \cdot 60}{1} = 3\,000 \text{ об/мин},$$

где f — частота; p — число пар полюсов, то скорость шестиполюсного электродвигателя будет:

$$n = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \cdot 60}{3} = 1\,000 \text{ об/мин}.$$

Поэтому для изменения числа оборотов асинхронного электродвигателя (при неизменной частоте сети) следует изменить его число пар полюсов.

При изменении числа пар полюсов у электродвигателя меняется и полюсное деление τ [см. формулу (1-23)] и шаг обмотки $y_1 = \frac{z_1}{2p}$, где z_1 — число пазов статора.

Мощность электродвигателя P_2 с заданными размерами активной стали в соответствии с формулой (1-13)

$$P_2 = kAB_{\delta}n.$$

Из приведенной формулы видно, что при пересчете электродвигателя на повышенное число оборотов его мощность может быть повышена (особенно это относится к электродвигателям старых серий, где активные материалы — медь и сталь — недостаточно использованы).

Если предположить, что индукция в воздушном зазоре B_{δ} и индукция в спинке статора B_a неизменны, то мощность электродвигателя при новых обмотках будет:

$$P_{н} = P_{с} \frac{n_{н}}{n_{с}}, \qquad (1\text{-}42)$$

где $P_{н}$ и $n_{н}$ — соответственно мощность и число оборотов пересчитанного электродвигателя;
$P_{с}$ и $n_{с}$ — мощность и число оборотов исходного электродвигателя.

Для сохранения индукции в воздушном зазоре при пересчете электродвигателя на пониженное число оборотов необходимо магнитный поток увеличить, при этом индукция в спинке стали статора B_a в некоторых электродвигателях может чрезмерно возрасти и вызвать их перегрев, поэтому в таких случаях необходимо предварительно проверить, находится ли индукция B_a в допустимых пределах.

Индукцию в воздушном зазоре можно проверить по приближенной формуле (1-18):

$$B_{\delta} = 1{,}57 \frac{\Phi}{Q_{\delta}} \text{ [гс]},$$

где Q_{δ} — сечение полюсного деления, определяемое по формуле (1-32).

Результат подсчета сопоставляют с табл. 1-7.

На практике встречаются асинхронные электродвигатели с почти предельными значениями электромагнитных нагрузок (A и B_{δ}). Поэтому при пересчете электродвигателей на повышенные обороты увеличение их мощности часто ограничивается условиями перегрева их активных материалов.

В таких случаях мощность электродвигателей следует оставлять прежней, если класс изоляции при этом не изменился.

Если же напряжение и схема соединения фаз остаются прежними, то величина тока, количество последовательно соединенных витков и сечение провода также остаются прежними.

Пусть требуется переделать электродвигатель, у которого $2p = 8$ на электродвигатель, у которого $2p=4$. У указанного электродвигателя активные материалы полностью использованы, каждая фаза состоит из четырех катушечных групп ($n_к=p=4$), соединенных последовательно, в каждой катушечной группе имеется по две катушки, а в каждой катушке по 16 витков.

В данном случае в каждой фазе сохраняется прежнее число последовательно соединенных витков и сечение провода, но вместо четырех катушечных групп в фазе по две катушки в каждой катушечной группе в соответствии с изменением числа полюсов будет две катушечные группы в фазе ($n_к=2$) по четыре катушки в каждой катушечной группе. Шаг обмотки изменится в соответствии с новым числом полюсов, при этом мощность электродвигателя по вышеизложенным причинам останется прежней.

При уменьшении же числа оборотов электродвигателя мощность его уменьшится, при этом ток уменьшится в таком же соотношении, а при сохранении прежней плотности тока сечение провода также уменьшится.

Только количество последовательно соединенных витков увеличится, исходя из соотношения старых чисел оборотов к новым.

Если электродвигатель со скоростью вращения 1 500 *об/мин* ($2p = 4$) переделать на 1 000 *об/мин* ($2p=6$), то количество последовательно соединенных витков будет:

$$\omega_н = \frac{n_с}{n_н}\,\omega_с,$$

где $n_с$ и $n_н$ — число оборотов старой и вновь пересчитанной обмоток;

$\omega_с$ — число последовательно соединенных витков исходного электродвигателя.

Сечение обмоточного провода при сохранении прежней плотности тока

$$q_н = \frac{n_н}{n_с}\,q_с,$$

где $q_н$ — сечение нового обмоточного провода;

$q_с$ — сечение старого обмоточного провода.

Магнитный поток в спинке стали статора уменьшится, так как

$$B_a = 0{,}6\,\frac{B_δ D_i}{p h_a}, \qquad (1\text{-}43)$$

где при 1 500 *об/мин* $p=2$, а при 1 000 *об/мин* $p=3$.

По этим же соображениям уменьшится и полюсное деление τ.

Индукция в воздушном зазоре, исходя из приближенной формулы

$$B_δ = \frac{2{,}5U_ф p\cdot 10^{-6}}{D_i l z \omega_н}, \qquad (1\text{-}44)$$

не изменится, так как p и $\omega_н$ увеличены в одно и то же число раз, и новая мощность электродвигателя определится по формуле (1-42)

$$P_н = P_с\,\frac{n_н}{n_с}.$$

Соответственно изменению количества полюсов меняется шаг обмотки и количество катушечных групп в фазе.

Таким образом, при пересчете электродвигателя с большего числа оборотов на меньшее при неизменности напряжения и соединения фаз следует изменить, т. е. увеличить, только число последовательно соединенных витков каждой фазы.

Помимо изложенного, при пересчете электродвигателей на другое число оборотов следует также учесть, что:

1. Повышение числа оборотов электродвигателя несколько увеличивает нагрев подшипников, что можно проверить, пользуясь формулами:

1) $\Delta P_т = 5\cdot 5 l_z v_z^2 \sqrt{\frac{P}{n}}$ — для подшипников скольжения;

2) $\Delta P_т = 0{,}015\,\frac{D_z}{D_0}\sqrt{v_z}$ — для подшипников качения,

где $\Delta P_т$ — потери на трение, *вт*;

l_z — длина цапфы, *см*;

v_z — окружная скорость цапфы, *м/сек*;

D_z — нагрузка на кольцах шарикового подшипника, *кг*;

D_0 — диаметр круга, взятого по центру шарика, *см*.

2. При пересчете электродвигателя, особенно на пониженные числа оборотов, следует проверить достаточность момента, учитывая, что номинальный момент изменяется в соответствии с формулой

$$M_н = 0{,}975\,\frac{P}{n}.$$

3. При увеличении числа оборотов длина вылета лобовых частей из-за увеличения шага увеличивается, поэтому необходимо проверить расстояние от конца лобовой части до щита электродвигателя, дабы обеспечить соответствующий зазор, необходимый для данного напряжения электродвигателя.

4. При уменьшении числа оборотов в минуту охлаждение электродвигателя вентиляцией ухудшается, так как количество воздуха, прогоняемого вентилятором, пропорционально оборотам.

5. При выполнении обмотки электродвигателя круглым проводом для облегчения обмоточных работ необходимо диаметр проводников выбирать таким, чтобы он проходил через шлиц.

Пример. Требуется пересчитать асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором мощностью 5,8 *квт*, $2p=8$, $U=500$ *в*, $I_1=10{,}6$ *а* для работы при $2p=6$, со степенью загрузки активных материалов, дающей возможность повысить его мощность.

Данные электродвигателя:

D_a — внешний диаметр статора, равный 356 *мм*;

D_i — диаметр расточки статора, равный 235 *мм*;

l — длина активной стали, равная 135 *мм*;

z_1 — число пазов статора, равное 48;

$\omega_п$ — число витков в пазу, равное 29;

d — диаметр и сечение меди провода, равный 1,81 *мм*, $q_с = \frac{\pi d^2}{4} = 2{,}58$ *мм²*

a_1 — количество параллельных ветвей, равное 1;

Δ_1 — допускаемая плотность тока, равная 4,1 *а/мм²*;

y_1 — шаг обмотки, равный 1 — 6;

A — линейная нагрузка, равная 200 *а/см*;

h_z — высота зубца, равная 2,0 *см*.

Решение. 1. По табл. 1-2 определяют к. п. д. и $\cos\varphi$ для данного электродвигателя:

$$\eta = 0{,}82;\ \cos\varphi = 0{,}72.$$

2. Определяют мощность электродвигателя при 1 000 *об/мин* ($2p=6$):

$$P_н = \frac{n_н}{n_с}\,P_с = \frac{1\,000}{750}\cdot 5{,}8 \approx 7{,}75\ квт.$$

3. Находят величину фазного тока при $n_н = 1\,000$ *об/мин*:

$$I_ф = \frac{P_н\cdot 10^3}{\sqrt{3}U_л\,\eta\cos\varphi} = \frac{7\,75\cdot 10^3}{\sqrt{3}\cdot 500\cdot 0{,}82\cdot 0{,}72} = 15{,}2\ а.$$

При соединении фаз в звезду

$$I_ф = I_л.$$

4. Определяют число витков в пазу:

$$\omega_н = \omega_с\,\frac{n_с}{n_н} = 29\cdot\frac{750}{1\,000} = 21{,}6 \text{ — принимается } \omega_н = 22.$$

5. Определяют площадь поперечного сечения меди провода:

$$q_н = q_с\,\frac{\omega_с}{\omega_н} = 2{,}58\cdot\frac{29}{22} = 3{,}4\ мм^2.$$

Выбирают по ГОСТ сечение меди 3,2 *мм²* с диаметром провода 2,02 *мм*.

6. Определяют плотность тока:

$$\Delta_1 = \frac{I_ф}{q_н} = \frac{15{,}2}{3{,}2} = 4{,}75\ а/мм^2$$

и сопоставляют с табл. 1-8.

7. Определяют линейную нагрузку:

$$A = \frac{I_ф\omega}{a_1 t_1} = \frac{15{,}2\cdot 22}{1\cdot 1{,}54} = 217\ а/см,$$

где

$$t_1 = \frac{\pi D_i}{z_1} = \frac{3{,}14\cdot 23{,}5}{48} = 1{,}54\ см. \qquad (1\text{-}45)$$

8. Проверяют допустимый перегрев, исходя из того, что произведение $A\Delta_1$ пропорционально перегреву:

$$A\Delta_1 \leqslant 1\,000 - 2\,000.$$

В данном случае $A\Delta_1 = 217\cdot 4{,}75 = 1\,023$, что находится в пределах допустимого.

9. Определяется максимальная магнитная индукция в воздушном зазоре:

$$B_δ = \frac{2{,}5U_ф p\cdot 10^6}{D_i l z_1 \omega_н} = \frac{2{,}5\cdot 289\cdot 3\cdot 10^3}{235\cdot 135\cdot 48\cdot 22} = 6\,500\ гс,$$

что в соответствии с табл. 1-7 находится в пределах допустимого.

10. Определяют магнитную индукцию в спинке статора:

$$B_a = 0{,}6\,\frac{B_δ D_i}{p h_a} = 0{,}6\,\frac{6\,500\cdot 235}{3\cdot 4{,}05} = 7\,650\ гс.$$

Здесь

$$h_a = \left(\frac{D_a - D_i}{2}\right) - h_z,$$

где h_a — высота спинки статора, *см*;

h_z — высота зубца статора, *см*;

Таким образом, повышение мощности электродвигателя вполне допустимо.

1-11. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ НОРМАЛЬНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Данные электродвигателя: мощность 10 *квт*, 220/380 *в*, $2p=4$, $z=36$ коэффициент полезного действия $\eta=0{,}87$, коэффициент мощности $\cos\varphi=0{,}88$ (данные η и $\cos\varphi$ определены по табл. 1-2).

Зная мощность электродвигателя на его валу, определяют и потребляемую мощность от сети (расчетная мощность):

$$P_с = \frac{P_н}{\eta\cos\varphi} = \frac{10}{0{,}87\cdot 0{,}88} = 13{,}1\ ква.$$

Размеры статора снимают с натуры и заносят в журнал:

D_a — наружный диаметр активной стали статора — 262 *мм*;

D_i — внутренний диаметр активной стали статора, — 175 *мм*,

l — длина активной стали статора, — 145 *мм*.

Для определения числа эффективных проводов в пазу необходимо рассчитать величины зубцового деления t_1, линейной нагрузки A и номинального фазного тока:

1. $t_1 = \frac{\pi D_i}{z} = \frac{3{,}14\cdot 17{,}5}{36} = 1{,}525\ см$

2. Величину линейной нагрузки выбирают по кривой рис. 1-2, где $A = 250$ *а/см*.

3. $I_ф = \frac{P_с\cdot 10^3}{mU} = \frac{13{,}1}{3\cdot 220} = 19{,}8\ а.$

Число эффективных проводников в пазу при числе параллельных ветвей $a=2$ определяется по формуле:

$$\omega_{эфф}=\frac{A_1 a}{I_ф}=\frac{250\cdot 1,525\cdot 2}{19,8}=38. \qquad (1\text{-}46)$$

Сечение и диаметр обмоточного провода подсчитывают, исходя из допустимой плотности тока (см. табл. 1-8). Для данного типа электродвигателя

$$\Delta_1=6\ а/мм^2 \text{ и } d=1,45\ мм,$$

а с изоляцией $d_{из}=1,76\ мм$.

Площадь сечения паза $q_п$ определяют по снятым размерам по табл. 1-6 и равна 162 $мм^2$.

Размеры пазовой изоляции определяют по таблице, а коэффициент заполнения паза по формуле

$$k_п=\frac{\omega_{эфф} d_{из}^2}{q_п}=\frac{38\cdot 1,76^2}{162}=0,727. \qquad (1\text{-}47)$$

Для определения числа витков на фазу и шага обмотки необходимо определить число пазов на полюс и фазу:

$$q_1=\frac{z_1}{m\cdot 2p}=\frac{36}{3\cdot 4}=3.$$

Число витков фазы

$$\omega_ф=pq_1\frac{\omega_{эфф}}{a}=2\cdot 3\cdot\frac{38}{2}=114. \qquad (1\text{-}48)$$

Шаг обмотки принимается, учитывая размер его сокращения,

$$y=0,8\tau,$$

где τ — определяется по формуле (1-23),

$$y=0,8\cdot 13\approx 10$$

Принимается $y_у=10$ и коэффициент укорочения будет

$$\frac{y_у}{y_р}=\frac{10}{13}=0,8.$$

Такой коэффициент укорочения вполне приемлем, так как его величина больше 0,7

Электрический угол между э. д. с. двух соседних секций катушки определяют по формуле

$$\alpha=\frac{360}{z}p. \qquad (1\text{-}49)$$

Для данного случая $\alpha=\frac{360}{36}\cdot 2=20°$.

Коэффициент распределения определится по формуле

$$k_р=\frac{\sin\frac{q_1\alpha}{2}}{q_1\sin\frac{\alpha}{2}}. \qquad (1\text{-}50)$$

Для данного случая коэффициент распределения

$$k_р=\frac{\sin\frac{3\cdot 20}{2}}{3\sin\frac{20}{2}}=\frac{\sin 30°}{3\sin 10°}=\frac{0,5}{3\cdot 0,174}=0,957,$$

а величина обмоточного коэффициента

$$k_о=k_у k_р=0,77\cdot 0,957=0,743. \qquad (1\text{-}51)$$

По выбранному сечению витка проверяют возможность укладки требуемого количества витков в паз.

Проверку можно выполнить, подсчитав сечение паза (см. табл. 1-6) и определив занимаемую в пазу площадь витковой изоляцией, воздушными прослойками и обмоточной медью.

Проверить также можно методом предварительной укладки в паз требуемого количества проводников соответствующего сечения, количество которых должно равняться числу витков в пазу.

Если сечение проводника слишком велико, что может вызвать затруднение при его укладке в паз, или проводника с таким сечением не окажется, взамен проводника одного сечения можно принять два проводника меньшего сечения (см. табл. 6-15), соединив их параллельно, при этом суммарное сечение этих проводников должно быть равным сечению заменяемого провода. Перед заменой проводов следует проверить возможность укладки в паз нового количества проводников.

1-12. ПЕРЕСОЕДИНЕНИЕ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ НОВЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

В асинхронных электродвигателях число последовательно соединенных витков фазы получается как произведение числа витков одной катушки на число катушек полюсно-фазной группы и на число полюсно-фазных групп каждой фазы, а скорость вращения электродвигателя определяется числом полюсов при частоте питающей сети, равной 50 $гц$.

Если обмотка электродвигателя переключается для новых условий работы, то это осуществимо при изменении одной или нескольких из приведенных выше величин

Если предположить, что требуется в 2 раза уменьшить напряжение электродвигателя, то для этого достаточно число параллельных ветвей увеличить в 2 раза, вследствие чего количество последовательно соединенных витков уменьшится в 2 раза, и т. д

Если обмотка электродвигателя изменяется для новых условий работы, необходимо предусмотреть, чтобы при каждом увеличении тока его плотность в проводнике не выходила за пределы допустимой величины, так как сечение проводника определяется величиной тока и допустимой плотностью (см. табл. 1-8).

Мощность электродвигателя определяется формулой

$$P=\frac{Mn}{975}\ [квт],$$

где M — вращающий момент, $кГ\cdot м$;
n — число оборотов в минуту;
975 — постоянная величина.

а) Переключение статорной обмотки на другое число полюсов

При пересоединении схемы статорной обмотки для работы электродвигателя с другой скоростью вращения следует соответственно изменить число полюсов обмотки.

При переключении статорной обмотки на большее число полюсов следует учитывать, что обмотка, выполненная для определенного числа полюсов, имеет ширину катушки, соответствующую данному полюсному делению.

При изменении числа полюсов изменяется и полюсное деление, при этом ширина катушки остается прежней.

Поэтому отношение ширины катушки к полюсному делению, т. е. коэффициент укорочения пересоединенной обмотки, будет отличаться от соответствующих значений первоначальной обмотки.

Так как коэффициент укорочения определяет и число эффективных витков фазы, очевидно, что пересоединенная обмотка будет иметь значительно меньшее число эффективных витков, чем первоначальная.

Кроме того, электродвигатель, рассчитанный для работы при определенном числе полюсов, имеет определенное значение потока на полюс и индукцию в воздушном зазоре и спинке статора.

При переключении схемы обмотки на другое число полюсов индукция в воздушном зазоре приблизительно останется прежней, а поток на полюс изменится приблизительно обратно пропорционально числу полюсов.

Если, например электродвигатель с $2p=4$ переключить на $2p=8$, то поток на полюс будет приблизительно равен половине.

Различие чисел эффективных витков на фазу и различие потока на полюс вызывают необходимость изменения подводимого к пересоединенной обмотке и напряжения.

Пример. Электродвигатель, у которого $P=100\ квт$, $U=220\ в$, $z=48$, $q=4$, $2p=4$, укороченный шаг $y=10$ (вместо 12), с отношением ширины катушки к полюсному делению, равным $\frac{y}{\tau}=\frac{10}{12}=0,833$. При его пересоединении на $2p=6$ число пазов на полюс и будет равно $\frac{z}{2p}=\frac{48}{6}=8$, а отношение ширины катушки к полюсному делению $\frac{y}{\tau}=\frac{10}{8}=1,25$.

Коэффициент укорочения обмотки при $2p=4$ равен 0,966, а коэффициент укорочения при $2p=6$ равен 0,924, где отношение ширины катушки к первоначальному полюсному делению будет равно $\frac{8}{12}=\frac{2}{3}$.

Если поток при $2p=4$ принять за единицу, то произведение потока на коэффициент укорочения в первом случае будет равен $1\cdot 0,966=0,966$, а во втором случае равен $\frac{2}{3}\cdot 0,966=0,616$.

Если при $2p=4$ напряжение $U=220\ в$, то при $2p=6$ напряжение должно равняться $(0,616/0,966)\cdot 220=140\ в$

Таким образом, электродвигатель при его переключении на $2p=6$ вместо $2p=4$ должен подключаться к к сети с напряжением 140 $в$.

В отдельных случаях при переключении обмоток на большее число полюсов для увеличения пускового или максимального момента потребуется некоторое повышение напряжения против расчетного, а при переключении на меньшее число полюсов — понижение напряжения во избежание чрезмерного роста индукции в спинке статора.

Если при переключении обмотки статора на большее число полюсов значение коэффициента укорочения получится ниже 0,7, то такое переключение не рекомендуется выполнять, так как оно может привести не только к уменьшению мощности, но и к искажению распределения индукции в воздушном зазоре, а в процессе пуска и его работы — к появлению чрезмерного гудения.

б) Пересоединение схемы статорных обмоток для работы при другом напряжении

При переключении обмоток электродвигателя для работы на другое напряжение, отличное от его паспортных данных, следует исходить из того, что эффективное значение э. д. с., индуктированной в одной фазе обмотки статора, определяется по формуле

$$E_1=4,44k_1 f\omega_1\Phi\cdot 10^{-8}\ [в], \qquad (1\text{-}52)$$

где f — частота, $гц$;
ω_1 — число последовательно соединенных витков одной фазы обмотки статора;
Φ — поток одного полюса, $мкс$;
k_1 — обмоточный коэффициент, меньший единицы.

Примечание. Обмоточный коэффициент учитывает уменьшение э. д. с. в связи с тем, что э. д. с. отдельных катушек сдвинуты по фазе друг относительно друга. Этот коэффициент также учитывает уменьшение э. д. с. в обмотках с укороченным шагом, так как в этом случае поток, охватывающий виток, будет меньше, чем при диаметральном шаге.

Величину k_1 можно приближенно принять равной 0,96 для обмоток с диаметральным шагом и 0,90 для обмоток с укороченным шагом.

При переключении схемы обмотки или перемотке электродвигателя на другое напряжение, сохранив при этом схему соединения фаз и его число оборотов в минуту, следует число последовательно соединенных витков

фазе изменить (увеличить или уменьшить) в том же соответствии, в каком изменяется величина напряжения обмотки электродвигателя. Новое число витков следует подобрать, исходя из равенства

$$\omega'_н = \omega_с \frac{U_н}{U_с}$$

где $\omega'_н$ — новое число последовательно соединенных витков;

$\omega_с$ — старое число последовательно соединенных витков;

$U_н$ — новое напряжение;

$U_с$ — старое напряжение.

В отдельных случаях схема обмотки статора может быть переключена на другое напряжение методом переключения катушечных групп или катушек вместо последовательного соединения на параллельное или наоборот в зависимости от напряжения, при котором электродвигатель должен работать.

Таким образом, переключение схемы статорной обмотки для работы при меньшем напряжении против номинального может быть осуществлено переключением обмоток (без перемотки), если в статорной обмотке имеются катушечные группы или катушки, соединенные последовательно. Уменьшение напряжения при этом зависит от количества получающихся параллельных ветвей обмотки при условии одинаковости числа витков в каждой параллельной ветви.

При параллельном соединении катушечных групп или катушек суммарное сечение проводов параллельных ветвей каждой фазы получится увеличенным во столько раз, во сколько увеличено число параллельных ветвей, при этом величина тока также увеличится во столько же раз.

При переключении обмотки статора на большее число параллельных ветвей необходимо ветви равномерно распределить по всей окружности статора, не сосредоточивая их в одной части окружности (рис. 1-6,*а*).

При соединении схемы по рис. 1-6,*б* возможно появление уравнительных токов в параллельных ветвях и повышение гудения электродвигателя.

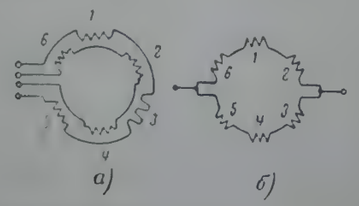


Рис. 1-6. Распределение параллельных ветвей обмотки.

Увеличить напряжение против номинального методом переключения схемы обмоток возможно только при наличии в схеме обмотки параллельных ветвей.

Степень увеличения напряжения зависит от возможного увеличения числа последовательно соединенных витков каждой фазы.

При переключении обмоток фаз на последовательное соединение номинальный ток электродвигателя уменьшится во столько раз, во сколько раз будет увеличено число последовательно соединенных витков в каждой фазе при неизменном соединении фаз.

При фазном роторе переключение на другое напряжение при неизменном числе оборотов в минуту производится только в обмотке статора, а обмотка ротора в переключении не нуждается, так как напряжение на контактных кольцах ротора при этом остается неизменным.

Если для изменения напряжения число витков обмотки статора будет изменено против расчетных, магнитный поток, а следовательно, и индукция также изменятся.

Чтобы не перегружать в таких случаях активную сталь статора, до переключения последовательно соединенных витков на меньшее число следует проверить величину потока, которая получится после переключения.

При переключении схемы обмоток на другое напряжение линейная нагрузка A не изменится при условии, если произведение числа проводников в пазу на ток также не изменится.

Если при переключении схемы обмотки на меньшее число последовательно соединенных витков активная сталь статора окажется перегруженной по потоку, необходимо соответственно снизить мощность электродвигателя.

При перемотке на другое напряжение могут иметь место случаи, когда расчетное число витков при сохранении прежней плотности тока не размещается в пазу вследствие изменения коэффициента заполнения паза в связи с изменением сечения обмоточного провода.

В этих случаях следует сечение обмоточной меди уменьшить, уменьшив соответственно и мощность электродвигателя.

Если при перемотке мощность должна быть сохранена, коэффициент заполнения паза можно сохранить или даже увеличить за счет применения обмоточного провода ПЭВ-2 и синтоленты — для пазовой изоляции.

Пример 1. Электродвигатель мощностью 10 *квт*, $U=500$ *в*, $I=16{,}5$ *а*, $n=720$ *об/мин*, соединение обмоток фаз «звезда»; в каждой фазе восемь катушечных групп, обмотка двухслойная. Требуется переключить на другое напряжение.

Решение. Для переключения электродвигателя на другое напряжение можно прибегнуть к разным методам.

1. Соединения обмоток фаз переключить вместо «звезды» на «треугольник», где величина напряжения будет:

$$U = \frac{500}{\sqrt{3}} = \frac{500}{1{,}73} = 288 \text{ в}.$$

2. Методом переключения восьми последовательно соединенных катушечных групп, переключив их на две параллельные ветви по четыре последовательно соединенные катушечные группы в каждой параллельной ветви; напряжение (при прежнем соединении фаз) будет:

$$U = \frac{500}{2} = 250 \text{ в}.$$

3. Методом переключения восьми последовательно соединенных катушечных групп в четыре параллельные ветви по две катушечные группы в каждой ветви при старом соединении фаз и напряжении

$$U = \frac{500}{4} = 125 \text{ в}.$$

Пример 2. Электродвигатель мощностью 14 *квт*, 500 *в*, 970 *об/мин*, с однослойной обмоткой, соединение «звезда»; в каждой фазе три катушечные группы, соединенные последовательно, а в каждой группе четыре катушки. Требуется переключить обмотку на 220 *в*.

Решение. Для переключения на напряжение 220 *в* можно обмотку каждой фазы переключить на две параллельные ветви, для чего в каждой параллельной ветви будет по одной целой и одной половине катушечной группы, где половина состоит из двух катушек.

После такого переключения напряжение обмотки равно:

$$U = \frac{500}{2} \quad 250 \text{ в},$$

а мощность

$$P = 14 \cdot \frac{220}{250} = 12{,}3 \text{ квт}.$$

Пример 3. Электродвигатель мощностью 40 *квт*, 220 *в*, 1 470 *об/мин*, с двухслойной обмоткой; каждая фаза состоит из четырех катушечных групп, а в каждой группе по четыре катушки. Катушечные группы соединены в две параллельные ветви по две катушечные группы в каждой параллельной ветви при соединении фаз в звезду. Требуется обмотку переключить на 500 *в*.

Решение. Если две параллельные ветви каждой фазы переключить с параллельного их соединения на последовательное, напряжение статорной обмотки изменится и будет равно 440 в (220·2). Фактически напряжение сети, к которой электродвигатель подключается, равно 500 *в*, что по величине индукции может вызвать перегрузку активной стали статора.

Для электродвигателей старых серий, где активная сталь относительно слабо использована, такое переключение принципиально возможно, но требует проверки.

При таком переключении мощность электродвигателя может возрасти на отношение $\frac{500}{440} = 1{,}14$ его номинальной паспортной мощности.

Для большей уверенности в возможности перегрузки электродвигателя после переключения обмотки его следует испытать под нагрузкой.

Переключение обмотки электродвигателя с 500 на 380 *в* может быть осуществлено комбинационным путем.

1. Катушки каждой фазы делят на две равные части, из которых одни половины катушек всех фаз соединяют в треугольник, а

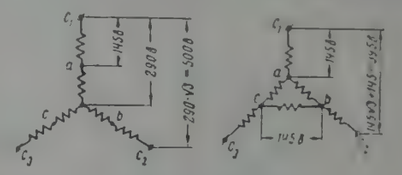


Рис. 1-7. Переключение статорной обмотки на 380 *в* вместо 500 *в*.

другие присоединяют к соответствующим вершинам треугольника (рис. 1-7).

При такой схеме соединения к частям обмотки, соединенным треугольником (a—b, b—c, c—a), должно быть подведено напряжение, равное 145 *в*, а ко вторым частям обмотки (a—c_1, b—c_2 и c—c_3) — напряжение, равное $145\sqrt{3} = 250$ *в*. Таким образом, при таком пересоединении обмотки для сохранения параметров электродвигателя к его обмотке должно быть подведено напряжение, равное $145 + 250 = 395$ *в*.

Таким образом, подведенное к электродвигателю напряжение 380 *в* на 4% ниже требуемого после переключения схемы обмотки, что ведет к снижению мощности электродвигателя. Однако окончательно мощность определится после испытания электродвигателя под нагрузкой.

1-13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОБМОТОК

Определение длины лобовых частей полувитка и длины вылета.

Для двухслойных обмоток из мягких секций средняя длина полувитка и длины лобовых частей равна:

$$l_{ср} = l_1 + l_л, \qquad (1\text{-}53)$$

где l_1 — длина активной стали статора;

$l_л$ — длина лобовой части, которая состоит из двух отогнутых участков и двух прямолинейных участков, служащих продолжением пазовой части обмотки.

Длина прямолинейной части зависит от мощности электродвигателя.

Среднюю ширину τ секции по пазам можно определить по дуге окружности, проходящей через середины этих пазов и имею-

ной диаметр, равный сумме внутреннего диаметра статора D_i и высоты его паза $h_п$,

$$\tau = \frac{\pi(D_i + h_п)}{2p}\beta, \qquad (1\text{-}54)$$

где β — шаг обмотки [illegible].

Длина $l_л$ может быть определена из равенства приближенно

$$l_л \approx k\tau + L.$$

Значения k и L определяются по табл. 1-11.

Таблица 1-11

Значения величин k и L

$2p$	Сердечник обматывается до запрессовки в корпус		Сердечник обматывается после запрессовки	
	k	L, см	k	L, см
2	1,25	2	1,30	3
4	1,30	2	1,35	3
6	1,40	2	1,45	3
8	1,50	2	1,55	3

Электродвигатели мощностью до 10—14 *квт* при $2p=2$ и 4 выполняются с обмоткой, заложенной в пазы сердечника статора до запрессовки пакета в корпус.

Длина вылета лобовой части T приближенно может быть определена формулой

$$T \approx \frac{1}{2}\sqrt{l_л^2 - \tau_y^2}.$$

Для однослойной и цепной обмотки длина лобовой части $l_л$ и вылет T могут быть определены по этим же равенствам, но величины k и L следует брать на 10—15% больше, чем для двухслойных.

Пример. Определение средней длины витка для статорной обмотки $2p=4$, $z=36$, $D_i=160$ *мм*, полная [illegible] активной стали статора $l_п=150$ *мм*, высота паза $h_п=23$ *мм*.

1. Обмотка двухслойная

Число пазов на полюс и фазу

$$q = \frac{z}{m2p} = \frac{36}{3\cdot 4} = 3.$$

Шаг обмотки принимается равным $0{,}8\tau$;

$$y \approx 2{,}4q = 2{,}4\cdot 3 = 7{,}2 \approx 7.$$

Средняя ширина секции

$$T_ш = \frac{\pi(D_i + h_п)y}{z} = \frac{3{,}14(16+2{,}3)}{36}\cdot 7 = 11{,}1 \text{ см}. \qquad (1\text{-}55)$$

Величины k и L определяются по табл. 1-11 для сердечника, который запрессован в корпус до намотки (электродвигатель ремонтируется):

$$k = 1{,}35; \quad L = 2 \text{ см},$$

откуда

$$l_л = kT + L = 1{,}35\cdot 11{,}1 + 2 = 17 \text{ см}. \qquad (1\text{-}56)$$

Определяется средняя длина витка:

$$l_в = 2(l_п + l_л) = 2(15+17) = 64 \text{ см}. \qquad (1\text{-}57)$$

2. Обмотка цепная

Шаг обмотки y принимается равным 9.

Величины по табл. 1-11 $k = 1{,}1\cdot 1{,}35 = 1{,}50$; $L = 1{,}1\cdot 2 = 2{,}2$ (величины k и L взяты на 10% больше).

Средняя ширина секции по формуле (1-55)

$$T_ш = \frac{\pi(D_i + h_п)y}{z} = \frac{3{,}14(16+2{,}3)}{36}\cdot 9 = 14{,}4$$

Длина лобовой части по формуле (1-56)

$$l_л = 1{,}5\cdot 14{,}1 + 2{,}2 = 23{,}8 \text{ см}.$$

3. Обмотка катушечная

Полюсное деление

$$\tau = \frac{\pi D_i}{2p} = \frac{3{,}14\cdot 16}{4} = 12{,}6 \text{ см}.$$

Длина лобовой части (предварительная)

$$l_л \approx 1{,}4\tau + \sigma \text{ см}, \qquad (1\text{-}58)$$

где величина σ в зависимости от размеров электродвигателя и его напряжения колеблется от 2 до 10. В данном случае размеры электродвигателя невелики и σ принимается в размере 4. Тогда

$$l_л = 1{,}4\cdot 12{,}6 + 4 \quad 21{,}7 \text{ см}$$

1-14. ПЕРЕСЧЕТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ НА КОРОТКОЗАМКНУТЫЙ

В практике модернизации электродвигателей часто приходится переконструировать фазные электродвигатели в короткозамкнутые как более удобные и более надежные в эксплуатации.

При пересчетах таких электродвигателей предполагается, что:

1) мощность электродвигателя после переделки остается неизменной;

2) число оборотов (синхронное) сохраняется;

3) обмотка статора не реконструируется, а остается прежней;

4) потери в меди обмотки ротора должны быть по возможности сохранены на прежнем уровне.

В связи с некоторым улучшением охлаждения короткозамкнутого ротора по сравнению с фазным можно допустить увеличение потерь в роторе на 10—15%.

До пересчета следует предварительно проверить, допускает ли соотношение числа пазов на статоре z_1 и роторе z_2 проводить эту модернизацию, так как несоответствие соотношения чисел пазов статора и ротора может вызвать в работе электродвигателя прилипание стали ротора к стали статора, застревание во время пуска и ненормальное гудение при пуске и работе электродвигателя.

Во избежание прилипания электродвигателя необходимо, чтобы

а) $z_2 \neq z_1$; б) $z_2 \neq \frac{1}{2}z_1$; в) $z_2 \neq 2z_1$;

г) $z_2 \neq 2p(3i+1)$ и д) $z_2 \neq 2p3i$,

где i — любое целое число.

Во избежание застревания ротора при пуске необходимо, чтобы

а) $z_2 \neq z_1 + p$; б) $z_2 \neq z_1 + 2p$;

в) $z_2 \neq 0{,}5z_1 + p$; г) $z_2 \neq 2z_1 + 2p$.

Для предупреждения появления ненормального гудения во время работы электродвигателя необходимо, чтобы

а) $z_2 \neq 2p_1(3i \pm 1)$ и б) $z_2 \neq 3i \pm (2p_1 + 1)$.

Ход расчета

Проверяют: фазное напряжение статора; число эффективных проводников в пазу статора $S_ш$; линейную нагрузку, которая не должна превышать допустимых пределов (рис. 1-2), плотность тока в обмотке, которая не должна превышать допустимых пределов (табл. 1-8); максимальную магнитную индукцию в воздушном зазоре B_δ, зубцах на $^1/_3$ их высоты, спинке, которые не должны выходить за пределы допустимого (табл. 1-7).

Определяют: идеальный ток короткого замыкания ротора

$$I_{кi} = \frac{6{,}4B_\delta l D_i}{C' S_ш z_1};$$

C' определяют из следующего уравнения:

$$C' = 13{,}9\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right)l_0 + 2{,}1l_к,$$

где $N_1 = \frac{z_1}{6p}$; $N_2 = \frac{z_2}{6p}$;

$$l_к = \frac{\pi D_к}{z_2} + 2m;$$

$D_к$ — средний диаметр короткозамыкающего кольца;

m — расстояние между торцовой поверхностью пакета стали ротора и короткозамыкающим кольцом.

Отношение идеального тока короткого замыкания к номинальному будет равно:

$$\frac{I_{кi}}{I_н} = \alpha.$$

В соответствии с требованиями эксплуатации отношение пускового момента электродвигателя к номинальному моменту $\frac{M_п}{M_н} = \beta$ (определяют по каталожным данным).

Скольжение электродвигателя после его модернизации определяют из формулы

$$s_0 = \frac{\beta}{\alpha^2}.$$

Ток в стержне ротора определяется формулой

$$I_{ст} = k_{рот}\frac{P_н\cdot 10^3}{z_2 U_2},$$

где $k_{рот} \approx 1{,}15$;

U_2 — напряжение ротора;

z_2 — число пазов ротора;

$P_н$ — номинальная мощность электродвигателя.

Ток в короткозамыкающем кольце

$$I_к = I_{ст}\frac{1}{2\sin\frac{\pi p}{z_2}}.$$

Активное сопротивление ротора

$$r = r_{ст} + \frac{2r_к}{\Delta_2},$$

где $\Delta_2 = 2\sin\frac{\pi p}{z_2}$;

$r_{ст} = 1{,}24\rho\frac{l_2}{S_{ст}}$ — сопротивление стержня ротора;

$r_к = 1{,}24\rho\frac{\pi D_к}{z_2(a\cdot b)}$ — сопротивление части кольца между соседними стержнями,

a и b — высота и ширина кольца;

ρ — удельное сопротивление материала, принимаемого для короткозамыкающего кольца клетки при 15° С;

$S_{ст}$ — сечение стержня;

$$S_{ст} = \frac{I_{ст}}{\Delta_{ст}} \text{ мм}^2;$$

$\Delta_{ст}$ — плотность тока, равная 5—8 $a/мм^2$ (большая плотность берется для малых электродвигателей).

Примечание. При выборе $\Delta_{ст}$ необходимо считаться с условиями пуска электродвигателя и условиями охлаждения при его нормальной работе.

При тяжелых условиях пуска, т. е. с большим маховым моментом приводимого механизма, а следовательно, и длительностью его разбега, следует плотность тока брать не выше 6,5 $a/мм^2$, а для закрытых обдуваемых электродвигателей она принимается на 10—15% меньшей.

Длина стержня берется равной

$$l_{ст} = 1{,}12 l_a.$$

Сечение короткозамыкающего кольца

$$S_к = \frac{I_к}{\Delta_к},$$

где плотность тока $\Delta_к$ обычно меньше $\Delta_{ст}$ на 20—40%.

Если плотность тока в стержнях или кольцах превышает допустимые пределы, следует сечение короткозамкнутого кольца увеличить, а если этого нельзя выполнить по условиям размера паза, следует применить материал для кольца с меньшим удельным сопротивлением

Если плотность тока получилась малой по сравнению с необходимой для обеспечения пусковых характеристик, а уменьшить сечение стержня нельзя (по условиям размера паза), следует выбирать материал для стержней и колец с большим удельным сопротивлением.

1-15. РАСЧЕТ ОБМОТОК ОДНОФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ (ПЕРЕДЕЛЫВАЕТСЯ ИЗ ТРЕХФАЗНОГО)

Расчет рабочей и вспомогательной обмоток однофазного электродвигателя с короткозамкнутым ротором производится по обычному

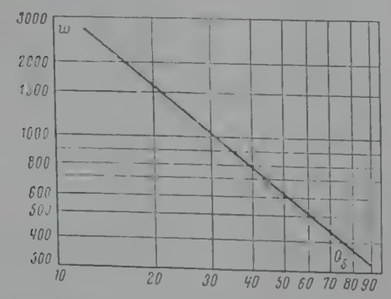


Рис. 1-8. Кривая для определения числа последовательно соединенных витков w рабочей обмотки в зависимости от напряжения однофазного электродвигателя

методу расчета трехфазных асинхронных электродвигателей.

Для получения требуемых для расчета числа витков необходимо предварительно определить отдельные размеры статора, а именно: внутренний диаметр активной стали, ее длину. Площадь полюсного деления $Q_δ$ определяют по формуле (1-32):

$$Q_δ = \frac{\pi D_i l}{2p} \quad [см^2].$$

Зная площадь полюсного деления по рис. 1-8, определяют число последовательно соединенных витков рабочей обмотки.

Зная число витков рабочей обмотки, определяют и число эффективных проводников на один паз по формуле

$$w_{эфф} = \frac{3w}{2z},$$

где z — число пазов статора, а рабочая обмотка однофазного электродвигателя занимает $^2/_3$ числа пазов.

При известной величине тока электродвигателя, равной приблизительно половине величины трехфазного, исходя из допустимой плотности тока (см. табл. 1-8), определяют сечение проводника:

$$q_п = \frac{I}{\Delta}.$$

Пусковая обмотка занимает $^1/_3$ числа пазов статора, а сечение ее проводников вдвое меньше сечения проводников рабочей обмотки, поэтому и число проводников в пазу будет в 2 раза больше.

Шаги рабочей и пусковой обмоток по пазам берут одинаковыми, исходя из полного числа пазов.

Число последовательно соединенных витков, полученных по рис. 1-8, в случае напряжения, отличного от 220 *в*, определяют по формуле

$$w' = w\frac{u'}{220},$$

где w' — новое число последовательно соединенных витков;

u' — линейное напряжение, отличное от 220 *в*.

Пример. Определить число последовательно соединенных витков рабочей и пусковой обмоток и диаметр провода электродвигателя, у которого: $P_2 = 1$ *квт*, $u = 220$ *в*, $I = 2{,}9$ *а*, $n = 935$ *об/мин*, а результаты обмера статора:

$$D_I = 77 \text{ мм}, \ l = 96 \text{ мм}, \ 2p = 6, \ z = 27.$$

Решение. Определяют площадь полюсного деления [формула (1-32)]:

$$Q_δ = \frac{\pi D_i l}{2p} = \frac{3{,}14 \cdot 7 \cdot 9{,}6}{6} = 39 \text{ см}^2.$$

По рис. 1-8 для $Q_δ = 39$ *см*² определяют число последовательно соединенных витков рабочей обмотки, где

$$w_p = 800.$$

Число эффективных витков на один паз равно:

$$w_{эфф} = \frac{3w}{2z} = \frac{3 \cdot 800}{18} = 133.$$

При допускаемой плотности тока (табл. 1-8) 5 *а/мм*² сечение проводника будет равно:

$$q_п = \frac{I_1}{\Delta} = \frac{2{,}9}{5} = 0{,}58 \text{ мм}^2$$

или $d = 0{,}86$ *мм*.

Число проводников в пазу вспомогательной пусковой обмотки выразится величиной $w_п = w_р \cdot 2 = 133 \cdot 2 = 266$ при сечении каждого эффективного проводника

$$q = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29 \text{ мм}^2$$

или $d = 0{,}62$ *мм*

Мощность однофазного электродвигателя по сравнению с трехфазным составляет ~70—80%.

Формуляр расчета статорных обмоток

Для расчета обмоток статора в надлежащем порядке его следует произвести по определенной форме.

Такой порядок ведения особенно важен в случаях когда при расчете приходится производить целый ряд прикидок как по индукции и плотности, так и по степени заполнения паза при модернизации электродвигателей, изменению сечений обмоточного провода, применению новых изоляционных материалов и т. д.

Для этой цели служит формуляр расчета (см. приложение IV), где с определенной последовательностью приведены данные, необходимые при расчете.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ОБМОТОЧНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА МОЩНОСТЬЮ ДО 100 *квт*

2-1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦАМ ОБМОТОЧНО-РАСЧЕТНЫХ ДАННЫХ

Обмоточные данные, помещенные в таблицах этой главы, охватывают электродвигатели старых серий (И2, МА, АД, МКБ и др.) и единой серии А и АО от 3-го до 9-го габаритов основного исполнения и ее модификации: АС и АОС с повышенным скольжением (3—9-й габариты), АП и АОП с повышенным пусковым моментом (4—9-й габариты), АОТ для текстильной промышленности (4—7-й габариты), АК с фазным ротором (5—9-й габариты), А и АО многоскоростные (3—9-й габариты).

Все данные единой серии А и АО откорректированы по состоянию на август 1959 г.

Кроме того, для них же приведены размеры активной стали, величина воздушного зазора, число, форма, размеры и площади пазов, величина индукции в воздушном зазоре, плотности тока, линейные нагрузки, средняя длина витков, сопротивление и вес провода, заводское исполнение пазовой изоляции и междуслойных прокладок.

Для фазных роторов приведены напряжения и токи на кольцах, а для короткозамкнутых — число и формы пазов, материал стержней и короткозамыкающих колец.

Приведенные в графе 5 серии А и АО величины токов в некоторых случаях отличаются от расчетных, что объясняется округлением в пределах не выше 2%.

В соответствии с установившейся ремонтной практикой для серии А и АО в графе 21 приведено число эффективных витков в катушке $w_к$, а в графе 20 — число m параллельных проводов в одном витке.

В многоскоростных электродвигателях, имеющих одну обмотку с переключением на разные числа полюсов, диаметры провода, число параллельных проводников в витке, число элементарных проводников в пазу и вес провода (графы 21—24, 34) приведены для каждого числа полюсов.

В многоскоростных электродвигателях с двумя обмотками общий вес обмоточного провода определялся суммированием веса обеих обмоток [1].

[1] При составлении данных по единой серии А и АО использовались материалы ВНИИ электромеханики.

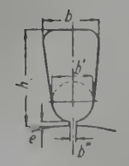
2-2. ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН И ИХ РАЗМЕРНОСТЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТАБЛИЦАХ ОБМОТОЧНО-РАСЧЕТНЫХ ДАННЫХ

Во всех обозначениях индекс 1 относится к статору, а 2 к ротору

Обозначения	Наименование	Единица измерения
P_2	Номинальная мощность (на валу)	*квт*
P_0	Мощность холостого хода	"
U	Номинальное линейное напряжение	*в*
I_0	Линейный ток холостого хода статора	*а*
I_k	Линейный ток короткого замыкания статора	"
I	Номинальный линейный ток	"
$2p$	Число полюсов	—
n	Скорость вращения при номинальной нагрузке	*об/мин*
n_1	Синхронная скорость вращения	"
η_1	Номинальный к. п. д.	—
$\cos\varphi$	Номинальный коэффициент мощности	—
$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	Отношение пускового тока к номинальному	—
$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	Отношение пускового момента к номинальному	—
$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Отношение максимального момента к номинальному	—
D_a	Наружный диаметр активной стали статора	*мм*
D_i	Внутренний диаметр активной стали	"
$d_{1\,от}$	Диаметр конца вала ротора	"
l_t	Полная длина сердечника (включая радиальные вентиляционные каналы)	"
l	Длина стержня ротора	"
$n_в$	Число радиальных вентиляционных каналов	—
$b_в$	Ширина одного радиального вентиляционного канала	*мм*
δ	Воздушный зазор	"

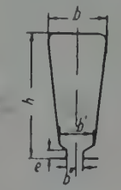
Обозначения	Наименование	Единица измерения
τ	Полюсное деление	*мм*
B_δ	Индукция в воздушном зазоре	*гс*
z	Число пазов	—
q	Число пазов на полюс и фазу	—
b	Бо́льшая ширина паза	*мм*
b'	Меньшая ширина паза	"
b''	Ширина шлица паза	"
h	Полная высота паза	"
l	Высота усика паза	"
h'	Высота паза до клина	"
Q_s	Площадь сечения паза	*мм²*
d	Диаметр голого обмоточного провода	*мм*
d'	Диаметр изолированного обмоточного провода	*мм*
m	Число параллельных проводников в витке	—
$w_к$	Эффективное число витков в катушке	—
$n_э$	Число элементарных проводников в пазу	—
a	Число параллельных ветвей в фазе	—
y	Шаг обмотки по пазам	—
Δ	Плотность тока	*а/мм²*
A	Линейная нагрузка	*а/см*
l_m	Средняя длина витка	*м*
r	Активное сопротивление фазы обмотки при 15° С	*ом*
G_{Cu}	Вес обмоточного провода с изоляцией	*кг*
$a \times b$	Размеры прямоугольного голого обмоточного провода	*мм*
$A \times B$	Размеры прямоугольного изолированного обмоточного провода	"

2-3. ФОРМЫ ПАЗОВ СТАТОРА И РОТОРА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТАБЛИЦАХ ОБМОТОЧНО-РАСЧЕТНЫХ ДАННЫХ



Форма № 1
Паз статора

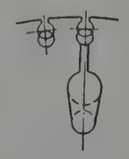
Форма № 2
Паз ротора



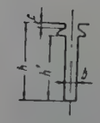
Форма № 3
Паз статора

Форма № 4
Паз ротора

Форма № 5



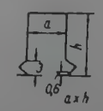
Форма № 6



Форма № 7
Паз ротора

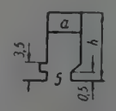
Форма № 8
Паз статора

Форма № 9
Паз ротора



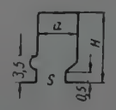
Форма № 10
Паз статора

Форма № 11
Паз ротора



Форма № 12
Паз статора

Форма № 13
Паз ротора



Форма № 14
Паз статора

Форма № 15
Паз статора

Форма № 16
Паз ротора

2-4. ОСНОВНЫЕ ОБМОТОЧНО-РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЕДИНОЙ СЕРИИ А и АО

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типов А и АО 3-го габарита

Тип электродвигателя	P_2, кВт	U, в	I, а	$n_{ном}$, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a1}}{D_{i1}}$, мм	$\frac{l_{1}}{l_{i2}}$, мм	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 31/2 и АО 31/2	1,0	127/220 220/380 500	6,6/3,8 3,8/2,2 1,7	2 [illegible]	79,0	0,86	6,0	2,0	2,2	145/82	64/66	0,35	6 500 6 520 6 540	24	4
АО 31/2*	0,6	127/220 220/380 500	4,2/2,4 2,4/1,4 1,1	2 [illegible]	76,0	0,85	6,0	2,0	2,4	145/82	64/66	0,35	5 260 5 260 5 260	24	4
А 32/2 и АО 32/2	1,7	127/220 220/380 500	11,1/6,4 6,4/3,7 2,8	2 850	81,5	0,87	7,0	2,0	2,4	145/82	100/102	0,35	6 150 6 300 6 250	24	4
АО 32/2*	1,0	127/220 220/380 500	6,6/3,8 3,8/2,2 1,7	2 [illegible]	79,0	0,86	6,5	2,2	2,6	145/82	100/102	0,35	4 950 4 980 4 960	24	4
А 31/4 и АО 31/4	0,6	127/220 220/380 500	4,8/2,8 2,8/1,6 1,2	1 410	74,0	0,76	5,0	1,7	2,0	145/89	64/66	0,25	7 230 7 210 7 210	24	2
А 32/4 и АО 32/4	1,0	127/220 220/380 500	7,3/4,2 4,2/2,4 1,8	1 410	76,5	0,79	5,0	1,8	2,0	145/89	100/102	0,25	6 850 6 830 6 830	24	2
А 31/6 и АО 31/6	0,4	127/220 220/380 500	3,8/2,25 2,25/1,3 1,0	935	70,0	0,67	4,5	1,2	1,9	145/89	64/66	0,25	6 610 6 630 6 640	36	2
А 32/6 и АО 32/6	0,6	127/220 220/380 500	5,35/3,1 4,1/1,8 1,35	930	71,0	0,69	5,0	1,2	1,9	145/89	100/102	0,25	6 510 6 550 6 510	36	2

* Выпуск электродвигателей типа АО 31/2 мощностью 0,6 *квт* и АО 32/2 мощностью 1,0 *квт* прекращен. В случае полной перемотки или А 32/2 и АО 32/2.

** Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора—по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора в заводском исполнении однослойная выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора

3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

двигателей единой серии типов А и АО 3-го габарита

Статор															Ротор	
Размеры паза** $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s1}, мм²	d/d'	m_1	a_{s1}	n_{s1}	U_1	a_1	Сопряжение фаз	$\frac{A_1}{a/см^2}$	$\frac{A_1}{a/см}$	l_{m1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	z_2	
10,0; 7,7; 2,5 13,0; 0,5	90,3	0,93/1,11	1	43	43	1—12** 2—11	—	Δ/Δ	3,5	152	0,38	2,15	1,57	20	
		0,67/0,81	1	71	71		—	Δ/Δ	5,21	152		[illegible]	2,48		
		0,57/0,74	1	97	97		—	Δ	5,62	154		12,3	1,[illegible]		
10,0; 7,7; 2,5 13,0; 0,5	90,8	0,8/0,98	1	53	53	1—12** 2—11	—	Δ/Δ	4,77	119	0,49	[illegible]	1,85	20	
		0,59/0,76	1	92	92		—	Δ/Δ	[illegible]14	129		11,9	1,[illegible]		
		0,49/0,655	1	121	121		—	Δ	5,82	124		22,5	1,24		
10,0; 7,7; 2,5 13,0; 0,5	90,8	1,12/1,33	1	29	29	1—12** 2—11	—	Δ/Δ	6,5	173	0,55	1,155	1,77	20	
		0,83/1,01	1	40	40		—	Δ/Δ	6,82	169		[illegible],51	1,[illegible]		
		0,72/0,90	1	55	55		—	Δ	6,9	169		8,2	1,[illegible]		
10,0; 7,7; 2,5 13,0; 0,5	91,8	1,00/1,21	1	[illegible]	36	1—12** 2—11	—	Δ Δ	4,34	127	0,56	1,84	1,55	20	
		0,74/0,92	1	62	62		—	Δ Δ	[illegible],11	126		5,8	1,65		
		0,62/0,79	1	82	82		-	Δ	[illegible],64	130		10,7	1,52		
9,6; 7,0; 2,5 15,3; 0,5	112,3	0,77/0,95	1	68	63	1—8 2—7	—	Δ/Δ	6	163	0,36	3,7	1,[illegible]	18	
		0,57/0,74	1	118	118		—	Δ/Δ	6,27	162		11,7	1,25		
		0,47/0,635	1	155	155		—	Δ	6,92	160		22,5	1,13		
9,6; 7,0; 2,5 15,3; 0,5	112,3	0,93/1,11	1	46	46	1—8 2—7	—	Δ/Δ	5,8	166	0,43	1,92	1,62	18	
		0,72/0,90	1	80	80		—	Δ/Δ	7,2	165		5,63	1,[illegible]		
		0,59/0,76	1	105	105		—	Δ	[illegible],6	162		11,6	1,13		
7,4; 1,5; 2,5 20,0; 0,5	110,0	0,72/0,90	1	72	72	1—8 2—7	—	Δ/Δ	[illegible],51	[illegible]	0,33	5,81	1,61	26	
		0,53/0,70	1	125	125		—	Δ/Δ	[illegible],87	210		18,6	1,56		
		0,41/0,605	1	163	164		—	Δ	6,5	211		[illegible],4	1,44		
7,4; 4,4; 2,5 20,0; 0,5	110,0	0,93/1,11	1	47	47	1—8 2—7	—	Δ Δ	4,57	188	0,19	[illegible]	[illegible],17	26	
		0,69/0,86	1	81	81		—	Δ/Δ	1,81	188		9,11	[illegible]		
		0,57/0,74	1	107	107		—	Δ	[illegible],1	186		17,7	1,83		

этих электродвигателей и необходимости увеличения мощности обмотка может быть выполнена по данным двигателей А 32/2, АО 31/2

в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,1 *мм*; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 *мм*; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 *мм*

Основные обмоточно-расчетные данные электродви

гателя единой серии типов А и АО 4-го габарита

Ста

тор

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_a}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 41/2 и АЛ 41/2	2,8	127/220	17,3/10,0	2 870	84,0	0,88	6,5	1,6	2,2	182/104	75/78	0,5	6 920	24	4
		220/380	10,0/5,8										6 900		
		500	4,4										6 880		
АО 41/2	1,7	127/220	10,7/6,2	2 880	81,5	0,87	6,5	1,8	2,4	182/104	75/78	0,5	6 020	24	4
		220/380	6,2/3,6										6 100		
		500	2,8										6 080		
А 42/2 и АЛ 42/2	4,5	127/220	27,0/15,7	2 870	85,5	0,88	7,0	1,8	2,4	182/104	115/118	0,5	6 770	24	4
		220/380	15,7/9,1										6 800		
		500	6,8										6 770		
АО 42/2 и АОЛ 42/2	2,8	127/220	17,3/10,0	2 880	84,0	0,88	6,5	1,9	2,5	182/104	115/118	0,5	5 310	24	4
		220/380	10,0/5,8										5 440		
		500	4,4										5 450		
А и АЛ 41/4 АО и АОЛ 41/4	1,7	127/220	11,6/6,7	1 420	81,5	0,82	5,0	1,8	2,0	182/112	75/78	0,3	7 350	36	3
		220/380	6,7/3,9										7 450		
		500	2,9										7 420		
А и АЛ 42/4 АО и АОЛ 42 4	2,8	127/220	18,1/10,5	1 420	83,5	0,84	5,5	1,9	2,0	182/112	115/118	0,3	7 450	36	3
		220/380	10,5/6,1										7 170		
		500	4,6										7 370		
А и АЛ 41/6 и АО и АОЛ 41/6	1,0	127/220	8,2/4,8	930	77,0	0,72	6,0	1,3	1,8	182/112	75/78	0,3	7 380	36	2
		220/380	4,8/2,8										7 400		
		500	2,1										7 400		
А и АЛ 42/6 и АО и АОЛ 42/6	1,7	127/220	13,0/7,5	930	79,5	0,75	4,5	1,4	1,8	182/112	115/118	0,3	7 300	36	2
		220/380	7,5/4,3										7 350		
		500	3,3										7 300		

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
12,0; 9,0; 3,0 / 16,0; 0,5	147,3	1,4/1,61	1	27	27	×	—	Δ/Δ	6,5	198	0,58	0,715	2,7	20
		1,12/1,33	1	47	47	1—12	—	Δ/Δ	5,9	200		1,96	3,02	
		0,96/1,14	1	62	62	2—11	—	Δ	6,08	200		3,55	2,93	
12,0; 9,0; 3,0 / 16,0; 0,5	147,3	1,35/1,56	1	31	31	×	—	Δ/Δ	4,33	142	0,58	0,885	2,88	20
		1,04/1,25	1	53	53	1—12	—	Δ/Δ	4,26	140		2,58	2,95	
		0,9/1,08	1	70	70	2—11	—	Δ	4,42	144		4,55	2,92	
12,0; 9,0; 3,0 / 16,0; 0,5	147,3	1,0/1,21	3	18	54	×	—	Δ/Δ	6,67	207	0,66	0,36	3,17	20
		1,35/1,56	1	31	31	1—12	—	Δ/Δ	6,35	207		1,01	3,27	
		1,2/1,41	1	41	41	2—11	—	Δ	6,0	205		1,7	3,42	
12,0; 9,0; 3,0 / 16,0; 0,5	147,3	0,9/1,08	3	23	69	×	—	Δ/Δ	5,25	169	0,66	0,568	3,27	20
		1,16/1,37	1	39	39	1—12	—	Δ/Δ	5,5	166		1,7	3,05	
		1,04/1,25	1	51	51	2—11	—	Δ	5,19	165		2,84	3,22	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	1,3/1,51	1	31	31	1—12	—	Δ/Δ	5,05	212	0,46	1,07	3,18	26
		0,96/1,14	1	53	53	2—11	—	Δ/Δ	5,4	211		3,58	2,98	
		0,83/1,01	1	70	70	3—10	—	Δ	5,35	208		5,99	2,96	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	1,12/1,33	2	20	40	1—12	—	Δ/Δ	5,33	215	0,54	0,575	3,59	26
		1,2/1,41	1	36	36	2—11	—	Δ/Δ	5,39	224		1,81	3,70	
		1,0/1,21	1	46	46	3—10	—	Δ	5,85	216		3,33	3,31	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	1,04/1,25	1	44	44	1—8	—	Δ/Δ	5,65	216	0,39	2,14	2,47	26
		0,77/0,95	1	76	76	2—7	—	Δ/Δ	6,0	217		6,82	2,36	
		0,67/0,84	1	100	100		—	Δ	5,95	214		11,4	2,35	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	1,35/1,56	1	29	29	1—8 2—7	—	Δ/Δ	5,24	222	0,47	1,03	3,02	26
		1,0/1,21	1	50	50		—	Δ/Δ	5,48	220		3,2	2,86	
		0,86/1,04	1	66	66		—	Δ	5,68	223		5,71	2,85	

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза ста

,1 мм. 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

тора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ПХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщино

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа А и АО 5-го габарита

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	i, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор* $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 51/2	7,0	127/220	41,0/24,0	2 890	87,0	0,89	6,0	1,5	2,2	245/140	90/94	0,6	6 980	24	4
		220/380	24,0/13,8										6 800		
		500	10,5										6 800		
АО 51/2	4,5	127/220	27,0/15,6	2 900	85,5	0,88	6,5	1,6	2,4	245/140	90/94	0,6	5 710	24	4
		220/380	15,6/9,1										5 710		
		500	6,9										5 710		
А 52/2	1,0	127/220	58,5/33,8	2 890	87,5	0,89	6,5	1,6	2,4	245/140	140/144	0,6	5 740	24	4
		220/380	33,8/19,5										6 370		
		500	15,0										6 560		
АО 52/2	7,0	127/220	41,0/24,0	2 900	87,5	0,89	6,5	1,7	2,5	245/140	140/144	0,6	5 040	24	4
		220/380	24,0/13,8										5 370		
		500	10,5										5 400		
А 51/4 и АО 51/4	4,5	127/220	28,2/16,3	1 440	85,5	0,85	6,0	1,4	2,0	245/152	90/94	0,4	7 800	36	3
		220/380	16,3/9,4										7 600		
		500	7,2										7 600		
А 52/4 и АО 52/4	7,0	127/220	42,6/24,6	1 440	87,0	0,85	6,0	1,5	2,0	245/152	140/144	0,4	7 220	36	3
		220/380	24,6/14,2										7 110		
		500	10,8										7 100		
А 51/6 и АО 51/6	2,8	127/220	19,7/11,4	950	82,5	0,78	5,0	1,3	1,8	245/152	90/94	0,4	7 400	36	2
		220/380	11,4/6,6										7 360		
		500	5,0										7 320		
А 52/6 и АО 52/6	4,5	127/220	30,3/17,5	950	84,5	0,80	5,5	1,5	1,8	245/152	140/144	0,4	7 150	36	2
		220/380	17,5/10,1										7 200		
		500	7,7										7 150		

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
16,0; 12,0; 3,3	266,5	1,2/1,41	4	9	72	1—10	Δ/Д	5,3	236	0,68	0,19	6,22	20
21,75; 0,75		1,3 1,51	2	16	64		Δ/Д	5,2	240		0,575	6,5	
		1,12 1,33	2	21	84		Д	5,34	240		1,01	6,34	
16,0; 12,0; 3,3	266,5	1,08 1,29	4	11	88	1—10	Δ/Д	4,25	187	0,68	0,885	6,2	20
21,75; 0,75		1,16/1,37	2	19	76		Δ Д	4,3	188		0,855	6,15	
		1,0/1,21	2	25	100		Д	4,4	188		1,52	6,05	
16,0; 12,0; 3,3	266,5	1,5 1,71	4	6	48	1—10	Δ/Д	4,79	222	0,78	0,092	7,4	20
21,75; 0,75		1,25/1,46	3	11	66		Δ/Д	5,3	234		0,326	7,1	
		1,4 1,61	2	14	56		Д	4,89	229		0,50	7,54	
16,0; 12,0; 3,3	266,5	1,3/1,51	4	8	64	1—10	Δ/Д	4,51	210	0,78	0,164	7,44	20
21,75; 0,75		1,16 1,37	3	13	78		Δ/Д	4,35	195		0,447	7,22	
		1,25/1,46	2	17	68		Д	4,28	195		0,757	7,3	
10,8; 7,4; 3,2	206,5	1,25 1,46	3	18	54	1—12	Δ Д	4,43	221	0,59	0,303	6,58	26
24,75; 0,75		1,12/1,33	2	32	64	2—11	Δ Д	4,77	226		0,97	6,26	
		1,4 1,61	1	42	42	3—10	Д	4,69	227		1,69	6,4	
10,8; 7,4; 3,2	206,5	1,3 1,51	2	25	50	1—12	Δ Д	4,64	231	0,69	0,171	7,66	26
24,75; 0,75		1,4/1,61	2	22	44	2—11	Δ Д	4,61	235		0,52	7,82	
		1,2/1,41	2	29	58	3—10	Д	4,76	235		0,93	7,6	
10,8; 7,4; 3,2	206,5	1,25/1,46	2	27	54	1—8	Δ Д	4,65	232	0,48	0,555	5,34	44
24,75; 0,75		1,35/1,56	1	47	47	2—7	Δ Д	4,6	234		1,66	5,42	
		1,16/1,37	1	62	62		Д	4,74	234		2,95	5,28	
10,8; 7,4; 3,2	206,5	1,25/1,46	3	18	54	1—8	Δ Д	4,75	238	0,58	0,298	6,45	44
24,75; 0,75		1,16/1,37	2	31	62	2—7	Δ Д	4,78	236		0,894	6,4	
		1,4/1,61	1	41	41		Д	5,0	238		1,63	6,14	

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2 (см. стр. 37).

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм. 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые. 4. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм.

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателя	$P_э$, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Ста: $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{i_1}}{l_{t_2}}$	b, мм	B_b, гс	z_1	q_1
А 61/2	14	220/380	47,0/27,5	2 920	87,5	0,89	5,5	1,2	2,5	$\frac{327}{180}$	$\frac{75}{80}$	0,75	7 660	36	6
		500	21,0										7 650		
А 62/2	20	220/380	66,0/38,0	2 920	88,5	0,90	6,0	1,3	2,7	$\frac{327}{180}$	$\frac{100}{105}$	0,75	7 800	36	6
		500	29,0										7 990		
А 61/4	10	220/380	34,1/19,7	1 450	87,5	0,88	5,0	1,2	2,0	$\frac{327}{200}$	$\frac{75}{80}$	0,4	8 500	36	3
		500	15,0										8 700		
А 62/4	14	220/380	47,5/27,5	1 450	88,5	0,68	5,5	1,3	2,0	$\frac{327}{200}$	$\frac{100}{105}$	0,4	8 900	36	3
		500	20,8										9 100		
А 61/6	7	220/380	27,0/15,5	970	86,0	0,81	4,5	1,1	1,8	$\frac{327}{200}$	$\frac{75}{80}$	0,4	9 260	36	2
		500	12,0										9 540		
А 62/6	10	220/380	37,0/21,5	970	86,5	0,82	4,5	1,1	1,8	$\frac{327}{200}$	$\frac{100}{105}$	0,4	9 250	36	2
		500	16,5										9 120		
А 61/8	4,5	220/380	18,0/11,0	730	83,5	0,76	4,5	1,0	1,7	$\frac{327}{230}$	$\frac{75}{80}$	0,4	8 000	54	$2\frac{1}{4}$
		500	8,5										8 000		
А 61/8**	4,5	220/380	18,0/11,0	730	83,5	0,76	4,5	1,0	1,7	$\frac{327}{230}$	$\frac{75}{80}$	0,4	7 980	48	2
		500	8,5										7 880		
А 62/8	7,0	220/380	28,0/16,0	730	85,0	0,78	4,5	1,0	1,7	$\frac{327}{230}$	$\frac{100}{105}$	0,4	8 000	54	$2\frac{1}{4}$
		500	12,0										7 850		
А 62/8**	7,0	220/380	28,0/16,0	730	85,0	0,78	4,5	1,0	1,7	$\frac{327}{230}$	$\frac{100}{105}$	0,4	7 980	48	2
		500	12,0										7 860		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.
** Выпуск электродвигателей типа А 61/8 и А 62/8 со статором на 48 пазов прекращен.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза ста
0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной
замкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

двигателей единой серии типа А 6-го габарита

тор: Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
13,7; 8,5; 3,7	335	1,4/1,61	3	9 и 10	57	1—13	—	Δ/Δ	5,96	333	0,82	0,353	12,1	28
31,8; 1,0		1,56/1,77	2	12 и 13	50		—	Δ	5,5	335		0,564	13,0	
13,7; 8,5; 3,7	335	1,4/1,61	2	14	56	1—13	2	Δ Δ	6,18	339	0,87	0,208	12,5	28
31,8; 1,0		1,2/1,41	2	18	72		2	Δ	6,4	332		0,365	11,85	
13,2; 8,6; 3,7	296	1,35/1,56	2	14	56	1—8	—	Δ/Δ	6,88	316	0,57	0,587	7,6	46
28,8; 1,0		1,2/1,41	2	18	72		—	Δ	6,62	310		0,956	7,78	
13,2; 8,6; 3,7	296	1,62/1,83	2	10	40	1—8	—	Δ/Δ	6,67	315	0,62	0,316	8,45	46
28,8; 1,0		1,4/1,61	2	13	52		—	Δ	6,67	310		0,551	8,25	
13,2; 8,6; 3,7	296	1,2/1,41	2	18	72	1—6	—	Δ/Δ	6,85	320	0,5	0,838	6,8	46
28,8; 1,0		1,56/1,77	1	23	46		—	Δ	6,27	317		1,27	7,28	
13,2; 8,6; 3,7	296	1,45/1,66	1	27	54	1—6	2	Δ/Δ	6,5	333	0,55	0,474	8,14	46
28,8; 1,0		1,2/1,41	2	18	72		—	Δ	7,3	341		0,923	7,5	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,16/1,37	2	16	64	1—7	—	Δ/Δ	5,2	265	0,48	1,12	8,43	58
30,0; 2,0		1,45/1,66	1	21	42		—	Δ	5,15	267		1,89	8,5	
11,8; 8,2; 3,7	282	1,2 1,41	2	18	72	1—6	—	Δ/Δ	4,86	263	0,49	1,095	8,94	58
29,8; 1,0		1,45/1,66	1	24	48		—	Y	5,15	271		2,0	8,6	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,35 1,56	2	12	48	1—7	—	Δ Δ	5,59	287	0,53	0,686	9,46	58
30,0; 2,0		1,16/1,37	2	18	64		—	Δ	5,69	287		1,24	9,3	
11,8; 8,2; 3,7	282	1,4 1,61	1	27	54	1—6	2	Δ Δ	5,2	388	0,54	0,665	9,95	58
29,8; 1,0		1,2 1,41	2	18	72		—	Δ	5,2	388		1,205	9,80	

торе в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 5. Короткозамкнутая обмотка ротора

Основные обмоточно-расчетные данные электро

двигателей единой серии типа АО 6-го габарита

Ста

тор

Тип электродвигателя	P_2, кВт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$, мм	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$, мм	δ, мм	$\frac{H_b}{ce}$, а/см	z_1	q_1
АО 62-2	10	220/380	34,0/19,5	2930	87,5	0,89	7,0	1,3	2,5	327/180	100/105	0,75	6 090 / 5 990	36	6
		500	15,0												
АО 63-2	14	220/380	46,5/27,0	2930	88,0	0,90	7,0	1,5	2,9	327/180	135/140	0,75	5 780 / 5 910	36	6
		500	20,5												
АО 62-4	10	220/380	34,1/19,7	1460	87,5	0,88	6,5	1,3	2,3	327/200	100/105	0,4	8 100 / 8 090	36	3
		500	15,0												
АО 63-4	14	220/380	47,2/27,4	1460	88,5	0,88	7,0	1,4	2,3	327/200	135/140	0,4	8 280 / 8 250	36	3
		500	20,8												
АО 62-6	7	220/380	27,0/15,5	980	86,0	0,81	5,5	1,4	2,2	327/200	100/105	0,4	8 940 / 8 640	36	2
		500	12,0												
АО 63-6	10	220/380	36,5/21,0	980	87,0	0,82	6,0	1,4	2,2	327/200	135/140	0,4	8 850 / 8 710	36	2
		500	16,0												
АО 62-8	4,5	220/380	18,5/10,5	735	84,5	0,76	5,5	1,5	2,0	327/230	100/105	0,4	8 850 / 7 000	54	$2\frac{1}{4}$
		500	8,0												
АО 62-8*	4,5	220/380	18,5/10,5	735	84,5	0,76	5,5	1,5	2,0	327/230	100/105	0,4	7 980 / 7 860	48	2
		500	8,0												
АО 63-8	7,0	220/380	27,5/16,0	735	86,0	0,78	5,5	1,5	2,0	327/230	135/140	0,4	7 080 / 6 930	54	$2\frac{1}{4}$
		500	12,0												
АО 63-8*	7,0	220/380	27,5/16,0	735	86,0	0,78	5,5	1,5	2,0	327/230	135/140	0,4	7 980 / 8 050	48	2
		500	12,0												

Ротор z_2	Размеры паза* b; b'; b''; h; l, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг
28	13,7; 8,5; 3,7 / 31,8; 1,0	335	1,3/1,59 / 1,62/1,92	2 / 2	18 / 12	72 / 48	1—13	2 / —	Δ/Δ / Δ	3,67 / 3,64	224 / 230	0,87	0,309 / 0,534	14,4 / 14,65
28	13,7; 8,5; 3,7 / 31,8; 1,0	335	1,45/1,74 / 1,3/1,59	2 / 2	14 / 18	56 / 72	1—13	2 / 2	Δ/Δ / Δ	4,08 / 3,86	240 / 235	0,94	0,210 / 0,335	14,9 / 15,5
46	13,2; 8,6; 3,7 / 28,8; 1,0	296	1,56/1,86 / 1,35/1,64	2 / 1	11 / 29	44 / 58	1—8	— / 2	Δ/Δ / Δ	5,15 / 5,24	248 / 250	0,62	0,375 / 0,662	8,9 / 8,9
46	13,2; 8,6; 3,7 / 28,8; 1,0	296	1,3/1,59 / 1,62/1,92	2 / 1	16 / 21	64 / 42	1—8	2 / 2	Δ/Δ / Δ	5,16 / 5,05	252 / 251	0,69	0,218 / 0,37	10,15 / 10,15
46	13,2; 8,6; 3,7 / 28,8; 1,0	296	1,35/1,64 / 1,16/1,45	2 / 2	14 / 19	56 / 76	1—6	— / —	Δ/Δ / Δ	5,4 / 5,68	249 / 262	0,55	0,566 / 1,035	7,6 / 7,72
46	13,2; 8,6; 3,7 / 28,8; 1,0	296	1,62/1,92 / 1,4/1,69	1 / 2	21 / 14	42 / 56	1—6	2 / —	Δ/Δ / Δ	5,1 / 5,2	253 / 257	0,82	0,333 / 0,592	9,14 / 9,2
58	10,5; 7,4; 3,2 / 30,0; 2,0	247	1,16/1,45 / 1,5/1,8	2 / 1	14 / 18	56 / 36	1—7	— / —	Δ/Δ / Δ	4,97 / 4,53	220 / 216	0,59	1,09 / 1,675	8,6 / 8,98
58	11,8; 8,2; 3,7 / 29,8; 1,0	282	1,35/1,64 / 1,68/1,99	1 / 1	27 / 18	54 / 36	1—6	2 / —	Δ/Δ / Δ	3,66 / 3,6	189 / 192	0,54	0,715 / 1,23	9,6 / 9,75
58	10,5; 7,4; 3,2 / 30,0; 2,0	247	1,45/1,74 / 1,2/1,49	2 / 1	10 / 27	40 / 54	1—7	— / 2	Δ/Δ / Δ	4,84 / 5,3	239 / 242	0,6	0,566 / 1,11	10,74 / 9,84
58	11,8; 8,2; 3,7 / 29,8; 1,0	282	1,62/1,92 / 1,35/1,64	2 / 2	10 / 13	40 / 52	1—6	— / —	Δ/Δ / Δ	3,88 / 4,18	213 / 208	0,61	0,415 / 0,777	11,4 / 10,45

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

** Выпуск электродвигателей типа АО 62/8 и АО 63/8 со статором на 48 пазов прекращен.

Примечания. 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамк

в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная — 0,2 мм, подклеенные. 3. Междуслойная прокладк

нутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа А 7-го габарита

Статор

[illegible]	$P_{н}$, кВт	$U_{н}$, в	$I_{н}$, а	$n_{н}$, об/мин	η	$\cos\varphi$	$I_{пуск}/I_{ном}$	$M_{пуск}/M_{ном}$	$M_{макс}/M_{ном}$	$D_{а_1}/D_{i_1}$	l_{i_1}/l_{i_2}	δ, мм	B_{δ}, гс	z_1	q_1
А 71/2	[illegible]	220/380	92,0/53,0	2 930	89,0	0,90	5,0	1,1	2,2	368/205	100/105	0,85	8 000	36	6
		500	40,5										7 900		
А 72/2	40	220/380	128/74,0	2 930	90,0	0,91	5,5	1,1	2,4	368/205	135/140	0,85	7 900	36	6
		500	56,0										7 790		
А 71/4	20	220/380	67,0/39,0	1 450	89,0	0,88	5,0	1,1	2,0	368/230	100/105	0,5	9 150	36	3
		500	29,6										9 210		
А 72/4	28	220/380	93,0/54,0	1 450	90,0	0,88	5,5	1,2	2,0	368/230	135/140	0,5	8 800	36	3
		500	41,0										8 860		
А 71/6	14	220/380	51,0/29,6	970	87,0	0,83	4,5	1,2	1,8	368/260	100/105	0,45	8 010	54	3
		500	22,4										7 790		
А 72/6	20	220/380	71,3/41,3	970	88,0	0,84	4,5	1,2	1,8	368/260	135/140	0,45	7 950	54	3
		500	31,4										7 950		
А 71/8	10	220/380	38,0/22,0	730	85,0	0,80	4,0	1,1	1,7	368/260	100/105	0,45	8 450	54	$2\frac{1}{4}$
		500	16,5										8 560		
А 71/8**	10	220/380	38,0/22,0	730	85,0	0,80	4,0	1,1	1,7	268/260	100/105	0,45	7 940	48	2
		500	16,5										7 800		
А 72/8	14	220/380	52,0/30,0	730	87,0	0,81	4,0	1,1	1,7	368/260	135/140	0,45	8 380	54	$2\frac{1}{4}$
		500	23,0										8 250		
А 72/8**	14	220/380	52,0/30,0	730	87,0	0,81	4,0	1,1	1,7	368/260	135/140	0,45	7 850	48	2
		500	23,0										8 100		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.
** Выпуск электродвигателей типов А 71/8 и А 72/8 со статором на 48 пазов прекращен.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора [illegible] пленкокартона по 0,3 мм. 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые. 4. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или [illegible] пленкокартона по 0,3 мм.

Размеры паза $b, b'; b''$ h, h', мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	$Q_{г.м}$, кг	Ротор z_1
15,4; 9,8; 3,7	416	1,4/1,61	3	12	72	1—13	2	Δ/λ	5,75	355	0,93	0,127	17,3	28
31,8; 1,0		1,45/1,66	2	16	64		2	λ	6,12	363		0,237	16,4	
15,4; 9,8; 3,7	416	1,62/1,83	3	9	54	1—13	2	Δ/λ	5,99	372	1,0	0,076	18,7	28
34,8; 1,0		1,4/1,61	3	12	72		2	λ	6,06	376		0,137	18,6	
15,18; 10,3; 3,7	370	1,4/1,61	2	17	68	1—8	2	Δ/λ	6,35	330	0,72	0,200	12,7	44
30,8; 1,0		1,2/1,41	2	22	88		2	λ	6,54	325		0,370	12,1	
15,18; 10,3; 3,7	370	1,62/1,83	2	13	52	1—8	2	Δ/λ	6,55	350	0,79	0,131	14,0	44
30,8; 1,0		1,4/1,61	2	17	68		2	λ	6,66	347		0,230	13,8	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,2/1,41	2	17	68	1—8	2	Δ/λ	6,54	333	0,62	0,369	12,2	44
29,8; 1,0		1,45/1,66	1	23	46		2	λ	6,78	341		0,683	11,9	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,62/1,89	1	19	38	1—8	3	Δ/λ	6,68	346	0,69	0,224	13,7	44
29,8; 1,0		1,4/1,61	1	25	50		3	λ	6,8	347		0,392	13,5	
10,5; 7,4; 3,7	248	1,56/1,77	2	10	40	1—7	—	Δ/λ	5,75	291	0,57	0,462	11,43	58
29,0; 1,0		1,35/1,56	2	13	52		—	λ	5,78	284		0,801	11,05	
13,3; 9,6; 3,7	333	1,56/1,77	2	12	48	1—6	—	Δ/λ	5,75	310	0,56	0,494	12	44
30,8; 1,0		1,35/1,56	2	16	64		—	λ	5,78	310		0,880	11,8	
10,5; 7,4; 3,7	248	1,25/1,46	2	15	60	1—7	2	Δ/λ	6,11	298	0,64	0,303	12,21	58
29,0; 1,0		1,56/1,77	2	10	40		—	λ	6,02	304		0,518	12,75	
13,3; 9,6; 3,7	333	1,56/1,77	3	9	54	1—6	—	Δ/λ	5,23	318	0,63	0,278	15,4	44
30,8; 1,0		1,4/1,61	3	11 и 12	69		—	λ	5,0	311		0,440	15,1	

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АО 7-го габарита

Тип электродвигателя	P_1, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_1}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 72/2	20	220/380	66,0/38,0	2 940	88,5	0,90	7,0	1,2	2,9	368/205	135/140	0,85	6 470	36	6
		500	29,0										6 660		
АО 73/2	28	220/380	90,0/52,0	2 940	89,5	0,91	6,5	1,4	2,6	368/205	185/190	0,85	5 760	36	6
		500	39,5										5 690		
АО 72/4	20	220/380	67,0/38,8	1 460	89,0	0,88	6,5	1,3	2,3	368/230	135/140	0,5	8 200	36	3
		500	29,5										8 350		
АО 73/4	28	220/380	93,0/53,8	1 460	90,0	0,88	7,0	1,4	2,3	368/230	185/190	0,5	8 350	36	3
		500	41,0										8 450		
АО 72/6	14	220/380	50,5/29,0	980	88,0	0,83	5,5	1,4	2,2	368/280	135/140	0,45	7 550	54	3
		500	22,1										7 640		
АО 73/6	20	220/380	70,5/41,0	975	88,5	0,84	6,5	1,4	2,2	368/260	185/190	0,45	7 350	54	3
		500	31,0										7 230		
АО 72/8	10	220/380	38,0/22,0	730	87,0	0,80	5,0	1,3	2,0	368/260	135/140	0,45	7 860	54	$2\frac{1}{4}$
		500	16,5										7 860		
АО 72/8**	10	220/380	38,0/22,0	730	87,0	0,80	5,0	1,3	2,0	368/260	135/140	0,45	7 450	48	2
		500	16,5										7 450		
АО 73/8	14	220/380	52,0/30,3	730	87,5	0,81	5,0	1,3	2,0	368/260	185/190	0,45	7 650	54	$2\frac{1}{4}$
		500	23,0										7 500		
АО 73/8**	14	220/380	52,0/30,0	730	87,5	0,81	5,0	1,3	2,0	368/260	185/190	0,45	7 350	48	2
		500	23,0										7 530		

* Паз статора выполнен по форме № 3, а паз ротора — по форме № 4.
** Выпуск электродвигателей типов АО 73/6 и АО 73/8 со статором на 48 пазов прекращен.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Тип электродвигателя	Размеры паза $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	w_{E_1}	$n_{э_1}$	p_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_1
АО 72/2	15,4; 9,8; 3,7	416	1,5/1,8	3	11	66	1—13	2	Δ λ	3,58	234	1,0	0,108	20,2	28
	34,8; 1,0		1,62/1,92	2	14	56		2	λ	3,52	227		0,179	19,8	
АО 73/2	15,4; 9,8; 3,7	416	1,5/1,8	4	9	72	1—13	2	Δ λ	3,68	262	1,1	0,073	24,3	28
	34,8; 1,0		1,5/1,8	3	12	72		2	λ	3,73	266		0,130	24,2	
АО 72/4	15,18; 10,3; 3,7	370	1,56/1,86	2	14	56	1—8	2	Δ λ	5,06	271	0,79	0,152	14,3	44
	30,8; 1,0		1,35/1,64	2	18	72		2	λ	5,15	266		0,261	14,3	
АО 73/4	15,18; 10,3; 3,7	370	1,56/1,86	3	10	60	1—8	2	Δ λ	4,69	268	0,89	0,0818	17,9	44
	30,8; 1,0		1,62/1,92	2	13	52		2	λ	4,96	266		0,147	16,6	
АО 72/6	11,9; 8,7; 3,7	291	1,36/1,86	1	20	40	1—8	3	Δ λ	5,05	236	0,69	0,254	13,7	44
	29,8; 1,0		1,35/1,64	1	26	52		3	λ	5,15	254		0,440	13,5	
АО 73/6	11,9; 8,7; 3,7	291	1,62/1,92	2	10	40	1—8	2	Δ λ	4,97	271	0,79	0,151	17,1	44
	29,8; 1,0		1,62/1,92	1	20	40		3	λ	5,02	273		0,270	16,9	
АО 72/8	10,5; 7,4; 3,7	248	1,12/1,41	2	16	64	1—7	2	Δ λ	5,58	232	0,64	0,402	10,88	58
	29,0; 1,0		1,45/1,74	1	21	42		2	λ	5,0	229		0,630	11,6	
АО 72/8**	13,3; 9,6; 3,7	333	1,2/1,49	2	19	76	1—6	2	Δ λ	4,66	245	0,63	0,372	13,0	44
	30,8; 1,0		1,56/1,85	1	25	50		2	λ	4,31	243		0,580	14,4	
АО 73/8	10,5; 7,4; 3,7	248	1,35/1,64	2	12	48	1—7	2	Δ λ	5,23	238	0,74	0,240	13,58	58
	29,0; 1,0		1,12/1,41	2	16	64		2	λ	5,84	243		0,474	12,56	
АО 73/8**	13,3; 9,6; 3,7	333	1,45/1,74	4	7	56	1—6	—	Δ λ	4,54	247	0,73	0,218	15,8	44
	30,8; 1,0		1,45/1,74	3	9	54		—	λ	4,64	244		0,372	15,4	

Основные обмоточно-расчетные данные электродвига

Ста

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 81/2	55	220/380	175/101	2 930	90,5	0,91	5,0	1,0	2,2	423 / 240	130 / 140	1,4	7 500 / 7 500	36	6
		500	77,0												
А 81/2	40	220/380	235/136	2 930	91,0	0,92	5,5	1,1	2,4	423 / 240	180 / 165	1,4	7 220 / 7 120	36	6
		[illegible]	104												
А 81/4	40	[illegible]	130/75,0	1 460	90,5	0,89	6,0	1,1	2,0	423 / 265	130 / 135	0,6	9 500 / 9 050	48	4
		[illegible]	[illegible]												
А 81/4	55	[illegible]	178/103	1 460	91,0	0,89	6,0	1,2	2,0	423 / 265	180 / 185	0,6	9 180 / 9 050	48	4
		[illegible]	78,5												
А 81/6	40	[illegible]	[illegible]	975	89,0	0,85	5,0	1,2	1,8	423 / 300	130 / 135	0,55	8 350 / 8 350	72	4
		[illegible]	84,0												
А 81/6	40	220/380	136/79,8	975	90,0	0,86	5,5	1,3	1,8	423 / 300	180 / 185	0,55	8 080 / 7 960	72	4
		[illegible]	80,5												
А 81/8	[illegible]	[illegible]	[illegible]	730	88,0	0,82	4,5	1,1	1,7	423 / 300	130 / 135	0,55	8 120 / 8 100	72	3
		[illegible]	72,0												
А 82/8	28	220/380	109,5/63,0	730	89,0	0,83	4,5	1,2	1,7	423 / 300	180 / 185	0,55	8 070 / 7 720	72	3
		500	44,0												

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза ста или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; мотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродви

Ста

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 82/2	40	220/380	129/75	2 950	89,5	0,91	6,5	1,2	2,5	423 / 240	180 / 190	1,4	6 200 / 6 320	36	6
		500	57,0												
АО 83/2	55	220/380	174/100	2 950	90,0	0,92	6,5	1,3	2,6	423 / 240	250 / 260	1,4	5 670 / 5 860	36	6
		500	77,0												
АО 82/4	40	220/380	130/75,0	1 470	89,5	0,89	6,5	1,2	2,3	423 / 265	180 / 185	0,6	7 850 / 8 050	48	4
		500	57,5												
АО 83/4	55	220/380	178/103	1 470	91,0	0,89	6,5	1,3	2,3	423 / 265	250 / 255	0,6	7 940 / 8 020	48	4
		500	78,5												
АО 82/6	28	220/380	96,0/55,5	980	89,0	0,86	6,0	1,4	2,2	423 / 300	180 / 185	0,55	6930 / 7 090	72	4
		500	42,5												
АО 83/6	40	220/380	131/77,5	980	90,0	0,87	6,5	1,5	2,2	423 / 300	250 / 255	0,55	7 470 / 7 650	72	4
		500	59,0												
АО 82/8	20	220/380	72,5/42,0	735	88,0	0,82	5,5	1,4	2,0	423 / 300	180 / 185	0,55	7 200 / 7 060	72	3
		500	32,0												
АО 83/8	28	220/380	99,5/57,5	735	89,0	0,83	5,5	1,4	2,0	423 / 300	250 / 255	0,55	7 150 / 7 170	72	3
		500	44,0												

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора кладка в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Коротко

телей единой серии типа А 8-го габарита

тор

Размеры паза $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	$l_{ср_1}$, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
17,4; 11,3; 3,4	519	1,62/1,83	5	8	80	1—14	2	Δ/Y	4,9	386	1,25	0,051	41,4	28
38,0; 1,0		1,56/1,77	4	10 и 11	80		2	Y	5,03	385		0,088	35,2	
17,4; 11,3; 3,4	519	1,68/1,89	6	6	72	1—14	2	Δ/Y	5,1	390	1,35	0,032	39,2	28
38,0; 1,0		1,81/2,02	4	8	64		2	Y	5,06	388		0,055	37	
13,3; 8,8; 3,2	387	1,5/1,71	4	8	64	1—11	2	Δ/Y	5,38	370	0,98	0,077	27,2	58
36,8; 1,0		1,5/1,71	3	11	66		2	Y	5,42	365		0,141	25,3	
13,3; 8,3; 3,2	387	1,45/1,66	3	12	72	1—11	4	Δ/Y	5,2	356	1,04	0,046	29	58
36,8; 1,0		1,56/1,77	4	8	64		2	Y	5,13	362		0,079	30	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,45/1,66	3	8	48	1—11	2	Δ/Y	5,7	345	0,85	0,115	23,2	58
32,8; 1,0		1,56/1,77	2	11	44		2	Y	5,62	345		0,257	24,3	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,4/1,61	3	9	54	1—11	3	Δ/Y	5,76	366	0,95	0,086	27,2	58
32,8 1,0		1,45/1,66	2	12	48		3	Y	6,02	366		0,161	25,9	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,56/1,77	2	11	44	1—8	2	Δ/Y	5,5	373	0,72	0,215	21	58
32,8; 1,0		1,68/1,77	3	7	42		—	Y	5,58	342		0,365	20,4	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,45/1,66	3	8	48	1—8	2	Δ/Y	5,85	355	0,82	0,138	22,6	58
32,8; 1,0		1,56/1,77	2	11	44		2	Y	5,76	370		0,246	23,3	

тора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая об-

гателей единой серии типа АО 8-го габарита

тор

Размеры паза $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	$l_{ср_1}$, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
17,4; 11,3; 3,4	519	1,68/1,99	5	7	70	1—14	2	Δ/Y	3,38	251	1,35	0,045	36,1	28
38,0; 1,0		1,68/1,99	4	9	72		2	Y	3,21	245		0,072	37	
17,4; 11,3; 3,4	519	1,74/2,05	6	5 и 6	66	1—14	2	Δ/Y	3,5	262	1,49	0,030	40,3	28
38,0; 1,0		1,68/1,99	5	7	70		2	Y	3,47	257		0,049	39,8	
13,3; 8,8; 3,2	387	1,68/1,99	4	7	56	1—11	2	Δ/Y	4,22	303	1,08	0,059	31,3	58
36,8; 1,0		1,68/1,99	3	9	54		2	Y	4,31	298		0,102	30,1	
13,3; 8,8; 3,2	387	1,62/1,92	3	10	60	1—11	4	Δ/Y	4,16	298	1,22	0,035	35	58
36,8; 1,0		1,47/1,69	3	13	78		4	Y	4,25	291		0,06	31	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,56/1,86	3	7	42	1—11	2	Δ/Y	4,81	297	0,95	0,124	27	58
32,8; 1,0		1,68/1,99	2	9	36		2	Y	4,78	292		0,204	26,6	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,56/1,86	3	7	42	1—11	3	Δ/Y	4,5	276	1,09	0,063	30,8	58
32,8; 1,0		1,68/1,99	2	9	36		3	Y	4,13	270		0,103	30,3	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,35/1,61	3	9	54	1—8	2	Δ/Y	4,89	290	0,82	0,178	23	58
32,8; 1,0		1,68/1,99	3	6	36		—	Y	4,8	284		0,309	23,8	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,35/1,61	2	13	52	1—8	4	Δ/Y	5,01	285	0,96	0,113	25,2	58
32,8; 1,0		1,68/1,99	1	17	34		4	Y	4,95	285		0,192	25	

в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные. 3 Междуслойная про за кнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электро-

Ста

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_{δ}, гс	z_1	q_1
А 91/2	100	220/380	312/180	2 950	91,5	0,92	5,5	1,0	2,2	493/285	160/170	2,0	6 900/6 810	48	8
		500	137												
А 92/2	125	220/380	388/225	2 950	92,0	0,92	5,5	1,0	2,2	493/285	220/230	2,0	6 480/6 610	48	8
		500	171												
А 91/4	75	220/380	242/140	1 460	91,5	0,89	5,5	1,0	2,0	493/315	160/165	1,0	8 200/8 300	60	5
		500	106												
А 92/4	100	220/380	320/185	1 460	92,0	0,89	5,0	1,0	2,0	493/315	220/225	1,0	7 470/7 470	60	5
		500	141												
А 91/6	55	220/380	183/106	980	91,0	0,87	5,0	1,0	1,8	493/350	160/165	0,6	8 250/8 350	72	4
		500	80,0												
А 92/6	75	220/380	243/141	980	92,0	0,88	5,0	1,0	1,8	493/350	220/225	0,6	7 840/7 890	72	4
		500	107												
А 91/8	40	220/380	139/81,0	730	90,0	0,84	4,5	1,1	1,7	493/350	160/165	0,6	8 350/8 250	72	3
		500	61,0												
А 92/8	55	220/380	188/109	730	91,0	0,84	4,5	1,1	1,7	493/350	220/225	0,6	8 300/8 250	72	3
		500	83,0												

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; мотка ротора и кольца — алюминиевые.

двигателей единой серии типа А 9-го габарита

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э1}$	y_1	a_1	Соединение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
16,4; 11,0; 4,1	577	1,88/2,09	7	4 и 5	63	1—18	2	Δ/Δ	4,63	435	1,48	0,024	57,9	40
44,0; 1,0		1,68/1,89	7	6	84		2	Δ/Δ	4,4	440		0,040	61,7	
16,4; 11,0; 4,1	577	1,88/2,09	10	3 и 4	70	1—18	2	Δ/Δ	4,05	423	1,60	0,0142	69,9	40
44,0; 1,0		1,88/2,09	8	4 и 5	72		2	Δ/Δ	3,84	413		0,0228	71,7	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,68/1,89	3	10	60	1—14	4	Δ/Δ	5,25	425	1,17	0,038	43,8	50
43,0; 1,0		1,45/1,66	3	13	78		4	Δ	5,35	418		0,067	42,4	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,68/1,89	4	8	64	1—14	4	Δ/Δ	5,2	449	1,29	0,026	51,4	50
43,0; 1,0		1,68/1,89	3	10 и 11	63		4	Δ	5,29	449		0,044	50,5	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,45/1,66	2	17	68	1—11	6	Δ/Δ	5,35	394	0,95	0,057	35,5	58
38,0; 1,0		1,5/1,71	3	11	66		3	Δ	5,03	384		0,092	36,8	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,68/1,89	2	13	52	1—11	6	Δ/Δ	5,3	400	1,07	0,037	41,6	58
38,0; 1,0		1,45/1,66	2	17	68		6	Δ	5,4	398		0,064	40,7	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,56/1,77	2	15	60	1—8	4	Δ/Δ	5,3	398	0,82	0,085	31,2	58
38,0; 1,0		1,56/1,77	3	10	60		2	Δ	5,31	400		0,150	31,2	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,5/1,71	3	11	66	1—8	4	Δ/Δ	5,14	394	0,94	0,051	37,7	58
38,0; 1,0		1,62/1,83	2	14 и 15	58		4	Δ	5,04	394		0,087	38,3	

статора в заводском исполнении: электрокартон ЭЗ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая об-

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n_1, об/мин	η_1	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
														Ста	
АО 93/2	75	220/380	236/136	2 960	90,5	0,92	6,0	1,1	2,3	493/285	250/260	2,0	5 000	48	8
		500	104										4 780		
АО 94/2	100	220/380	314/182	2 960	91,0	0,92	6,0	1,2	2,3	493/285	320/330	2,0	4 450	48	8
		500	138										4 550		
АО 93/4	75	220/380	239/138	1 470	91,5	0,90	6,5	1,1	2,3	493/315	250/255	1,0	6 590	60	5
		500	105										6 590		
АО 94/4	100	220/380	318/184	1 470	92,0	0,90	6,5	1,2	2,3	493/315	320/325	1,0	6 850	60	5
		500	139										6 750		
АО 93/6	55	220/380	181/104	985	91,0	0,88	6,0	1,2	2,2	493/350	250/255	0,6	6 900	72	4
		500	79,5										6 910		
АО 94/6	75	[illegible]	210/139	985	92,0	0,89	6,0	1,2	2,2	493/350	320/325	0,6	7 000	72	4
		500	106										7 060		
АО 93/8	40	220/380	139/80,0	735	90,0	0 84	5,5	1,3	2,0	493/350	250/255	0,6	7 300	72	3
		500	61,0										7 250		
АО 94/8	55	220/.30	189/108	735	91,0	0,84	5,5	1,3	2,0	493/350	320/325	0,6	7 360	72	3
		500	83,0										7 480		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая об

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателей	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
														Ста	
АОС 31/2	1,0	127/220	6,9/4,0	2 760	75,0	0,88	5,5	2,5	2,8	145/82	64/66	0,35	6 400	24	4
		220/380	4,0/2,3										6 530		
		500	1,75										6 550		
АОС 31/2*	0,6	127/220	4,35/2,5	2 760	72,0	0,87	5,5	2,6	2,8	145/82	64/66	0,35	5 280	24	4
		220/380	2,5/1,6										5 250		
		500	1,2										5 250		
АОС 32/2	1,7	127/220	11,4/6,6	2 730	76,0	0,89	5,5	2,8	2,8	145/82	100/102	0,35	6 150	24	4
		220/380	6,6/3,8										6 100		
		500	2,9										6 100		
АОС 32/2*	1,0	127/220	6,9/4,0	2 760	75,0	0,88	5,5	2,8	2,8	145/82	100/102	0,35	4 970	24	4
		220/380	4,0/2,3										5 000		
		500	1,75										4 970		
АОС 31/4	0,6	127/220	5,15/3,0	1 300	67,0	0,79	5,0	2,3	2,3	145/89	64/66	0,25	7 210	24	2
		220/380	3,0/1,7										7 210		
		500	1,3										7 240		
АОС 31/4	1,0	127/220	8,15/4,7	1 300	69,0	0,81	5,0	2,3	2,3	145/89	100/102	0,25	6 820	24	2
		220/380	4,7/2,7										6 800		
		500	2,0										6 800		

* Выпуск электродвигателей типа АОС 31/2 мощностью 0,6 *квт* и АОС 32/2 мощностью 1,0 *квт* прекращен. В случае полной пере АОС 32/2.

** Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

двигателей единой серии типа АО 9-го габарита

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d_1, мм	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
16,4; 11,0; 4,1	577	1,88/2,19	8	4	64	1—18	2	Δ/Δ	3,06	292	1,66	0,021	67,8	40
44; 1,0		1,88/2,19	6	5 и 6	65		2	Λ	3,12	307		0,0331	69,5	
16,4; 11,0; 4,1	577	1,95/2,26	9	3 и 4	63	1—18	2	Δ/Δ	3,36	312	1,80	0,0164	73,9	40
44; 1,0		1,95/2,26	7	4 и 5	63		2	Λ	3,3	331		0,0270	77,4	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,68/1,99	4	8	64	1—14	4	Δ/Δ	3,38	335	1,35	0,027	55,5	50
43,0; 1,0		1,68/1,99	3	10 и 11	63		4	Λ	3,91	335		0,046	54,5	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,62/1,92	6	6	72	1—14	4	Δ/Δ	3,72	335	1,49	0,0151	64,4	50
43,0; 1,0		1,74/2,05	4	8	64		4	Λ	3,65	338		0,0278	65,2	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,68/1,99	2	13	52	1—11	6	Δ/Δ	3,9	296	1,13	0,039	45,2	58
38,0; 1,0		1,15/1,74	2	17	68		6	Λ	4,0	295		0,063	49,3	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,56/1,86	3	10	60	1—11	6	Δ/Δ	4,01	304	1,27	0,0261	51,2	58
38,0; 1,0		1,63/1,99	2	13	52		6	Λ	3,98	302		0,044	50,6	
11,5; 8,1; 3,7	353	1,45/1,74	3	11	66	1—9	4	Δ/Δ	4,01	288	1,0	0,058	38,8	58
38,0; 1,0		1,56/1,88	2	14 и 15	58		4	Λ	3,93	290		0,10	38,9	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,68/1,99	3	8 и 9	51	1—8	4	Δ/Δ	4,05	300	1,14	0,038	45,6	58
38,0; 1,0		1,15/1,74	3	11	66		4	Y	4,18	299		0,066	44,2	

заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм; стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные. 3. Междуслойная прокладка мотка ротора и кольца — алюминиевые.

двигателей единой серии типа АОС 3-го габарита

тор

Размеры паза** $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,0; 7,7; 2,5	99,8	0,93/1,11	1	43	43	1—12	Δ/Δ	5,9	161	0,48	4,18	1,572	20
		0,67/0,84	1	71	74	2—11	Δ/Δ	6,5	155		13,0	1,428	
13,0; 0,5		0,57/0,74	1	97	97		Λ	6,85	158		25,1	1,365	
10,0; 7,7; 2,5	99,8	0,8/0,93	1	53	53	1—12	Δ/Δ	4,98	123	0,180	3,76	1,45	20
		0,59/0,76	1	92	92	2—11	Δ/Δ	5,86	137		11,35	1,39	
13,0; 0,5		0,49/0,655	1	121	121		Λ	6,33	136		21,7	1,24	
10,0; 7,7; 2,5	99,8	1,12/1,33	1	29	29	1—12	Δ/Δ	6,7	173	0,552	2,24	1,77	20
		0,83/1,01	1	51	51	2—11	Δ/Δ	7,0	180		7,16	1,725	
13,0; 0,5		0,72/0,90	1	67	67		Λ	7,12	181		12,5	1,725	
10,0; 7,7; 2,5	99,8	1,0/1,21	1	36	36	1—12	Δ/Δ	5,1	131	0,552	1,78	1,75	20
		0,74/0,92	1	62	62	2—11	Δ/Δ	5,35	133		5,6	1,67	
13,0; 0,5		0,62/0,79	1	82	82		Λ	5,8	134		10,5	1,56	
9,6; 7,0; 2,5	112,3	0,77/0,95	1	55	55	1—9	Δ/Δ	6,49	173	0,36	2,7	1,3	28
		0,57/0,71	1	113	113	2—7	Δ/Δ	6,67	173		11,7	1,27	
15,3; 0,5		0,42/0,655	1	155	155		Λ	7,3	172		23,3	1,1	
9,6; 7,0; 2,5	112,3	0,96/1,14	1	46	46	1—8	Δ/Δ	6,3	159	0,43	3,02	0,99	22
		0,72/0,91	1	80	80	2—7	Δ/Δ	6,63	165		5,93	1,03	
15,3; 0,5		0,59/0,76	1	105	105		Λ	7,33	170		10,6	0,88	

мотки этих электродвигателей и необходимости увеличения мощности обмотка может быть выполнена по данным двигателей АОС 31/2 и

в заводском исполнении: электрокартон ЭЗ толщиной 0,1 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм.

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АОС 41/2	1,7	127/220	11,4/6,6	2 730	76,0	0,89	5,5	2,8	2,8	182/104	75/78	0,5	5 910	24	1
		220/380	6,6/3,8										6 040		
		500	2,9										6 000		
АОС 42/2	2,8	127/220	18,5/10,6	2 700	77,0	0,93	5,5	2,8	2,8	182/104	115/118	0,5	5 320	24	4
		220/380	10,6/6,2										5 410		
		500	4,7										5 480		
АОС 41/1	1,7	127/220	12,8/7,4	1 300	72,0	0,84	5,0	2,3	2,3	182/112	75/78	0,3	7 380	36	3
		220/380	7,4/4,3										7 490		
		500	5,3										7 440		
АОС 42/1	2,8	127/220	20,0/11,7	1 300	74,0	0,85	5,0	2,3	2,3	182/112	115/118	0,3	7 430	36	3
		220/380	11,7/6,8										7 180		
		500	8,2										7 350		
АОС 41/6	1,0	127/220	8,4/4,9	860	69,5	0,77	4,0	2,2	2,2	182/112	75/78	0,3	7 420	36	2
		220/380	4,9/2,8										7 450		
		500	3,2										7 450		
АОС 42/6	1,7	127/220	13,7/7,9	860	72,0	0,79	4,5	2,2	2,4	182/112	115/118	0,3	7 300	36	2
		220/380	7,9/4,6										7 350		
		500	3,5										7 300		

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АОС 51/2	4,5	127/220	28,8/16,6	2 700	78,0	0,91	5,5	2,8	2,8	215/140	90/91	0,6	5 700	24	4
		220/380	16,6/9,6										5 700		
		500	7,3										5 700		
АОС 52/2	7,0	127/220	44,5/25,6	2 700	79,0	0,91	5,5	2,8	2,8	215/140	140/141	0,6	5 050	24	4
		220/380	25,6/14,8										5 340		
		[illegible]	11,2										5 400		
АОС 51/4	4,5	127/220	31,0/18,0	1 335	76,0	0,86	5,0	2,3	2,3	215/152	90/91	0,4	7 800	36	3
		220/380	18,0/10,4										7 580		
		500	8,0										7 580		
АОС 52/4	7,0	[illegible]	46,7/27,0	1 335	78,0	0,87	5,0	2,3	2,3	215/152	140/141	0,4	7 230	36	3
		220/380	27,0/15,6										7 140		
		500	11,9										7 100		
АОС 51/6	2,8	127/220	21,3/12,3	870	74,0	0,81	4,0	2,0	2,4	215/152	90/91	0,4	7 400	36	2
		220/380	12,3/7,0										7 360		
		500	5,1										7 340		
АОС 52/6	4,5	127/220	33,0/19,0	890	76,0	0,82	4,5	2,2	2,4	215/152	140/141	0,4	7 150	36	2
		220/380	19,0/11,0										7 200		
		500	8,1										7 150		

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2

двигателей единой серии типа АОС 4-го габарита

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Статор Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
12,0; 9,0; 3,0	147,3	1,35/1,56	1	31	31	1—12	Δ/Δ	4,61	171	0,53	0,[illegible]	2,[illegible]	30
16,0; 0,5		1,01/1,25	1	53	53	2—11	Δ/Δ	4,13	145		2,[illegible]	2,0[illegible]	
		0,9/1,04	1	70	70		Δ	4,55	159		4,[illegible]	[illegible]	
12,0; 9,0; 3,0	147,3	0,9/1,08	3	23	69	1—12	Δ/Δ	5,55	179	0,46	0,563	3,[illegible]	24
16,0; 0,5		1,16/1,37	1	39	39	2—11	Δ/Δ	5,87	178		1,7	3,05	
		1,01/1,25	1	51	51		Δ	5,54	176		2,84	3,22	
8,4; 5,6; 3,0	125,8	1,3/1,51	1	31	31	1—12	Δ/Δ	5,58	237	0,46	1,07	3,1[illegible]	26
19,5; 0,5		0,96/1,11	1	53	53	2—11	Δ/Δ	5,91	233		3,[illegible]	3,[illegible]	
		0,83/1,01	1	70	70	3—10	Δ	6,1	235		5,91	[illegible]	
8,4; 5,6; 3,0	125,8	1,12/1,33	2	20	40	1—12	Δ/Δ	5,91	240	0,54	0,575	3,[illegible]	2[illegible]
19,5; 0,5		1,2/1,41	1	36	36	2—11	Δ/Δ	6,0	259		1,91	3,70	
		1,0/1,21	1	46	46	3—10	Δ	6,63	247		3,33	3,81	
8,4; 5,6; 3,0	125,8	1,91/1,25	1	41	41	1—8	Δ/Δ	5,77	229	0,39	2,11	2,47	42
19,5; 0,5		0,77/0,95	1	76	76	2—7	Δ/Δ	6,0	216		6,92	2,55	
		0,67/0,84	1	100	100		Δ	6,23	225		11,4	2,35	
8,4; 5,6; 3,0	125,8	1,35/1,56	1	29	29	1—8	Δ/Δ	5,5	234	0,17	1,03	3,02	42
19,5; 0,5		1,0/1,21	1	50	50	2—7	Δ/Δ	5,86	235		3,2	2,[illegible]	
		0,86/1,01	1	66	66		Δ	6,02	236		5,71	2,85	

в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭЗ толщиной 0,1 мм.

двигателей единой серии типа АОС 5-го габарита

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Статор Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
15,0; 12,0; 3,3	266,5	1,04/1,29	4	11	88	1—10	Δ/Δ	4,53	198	0,68	0,285	6,2	20
21,75; 0,75		1,16/1,37	2	19	76		Δ/Δ	4,55	198		0,855	6,15	
		1,0/1,21	2	25	100		Δ	4,65	198		1,52	6,05	
16,0; 12,0; 3,3	266,5	1,3/1,51	4	8	64	1—10	Δ/Δ	4,82	221	0,78	0,161	7,44	20
21,75; 0,75		1,16/1,37	3	13	78		Δ/Δ	4,67	210		0,447	7,22	
		1,25/1,46	2	17	68		Δ	4,57	208		0,757	7,3	
10,8; 7,4; 3,2	206,5	1,25/1,46	3	18	54	1—12	Δ/Δ	4,9	214	0,59	0,393	6,58	26
24,75; 0,75		1,12/1,33	2	32	64	2—11	Δ/Δ	5,23	231		0,97	6,26	
		1,4/1,61	1	42	42	3—10	Δ	5,21	233		1,69	6,4	
10,8; 7,4; 3,2	206,5	1,3/1,51	2	25	50	1—12	Δ/Δ	5,03	254	0,59	0,171	7,66	26
24,75; 0,75		1,4/1,61	2	22	44	2—11	Δ/Δ	5,07	259		0,52	7,82	
		1,2/1,41	2	29	58	3—10	Δ	5,25	260		0,93	7,6	
10,8; 7,4; 3,2	206,5	1,25/1,46	2	27	54	1—8	Δ/Δ	5,11	250	0,48	0,555	5,31	42
24,75; 0,75		1,35/1,56	1	47	47	2—7	Δ/Δ	4,89	244		1,66	5,42	
		1,16/1,37	1	62	62		Δ	5,1	252		2,95	5,28	
10,8; 7,4; 3,2	206,5	1,25/1,46	3	18	54	1—8	Δ/Δ	5,16	238	0,58	0,293	6,45	42
24,75; 0,75		1,16/1,37	2	31	62	2—7	Δ/Δ	5,23	237		0,894	6,4	
		1,4/1,61	1	41	41		Δ	5,46	260		1,63	6,14	

исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм. 3. Междуслойная мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АС и АОС 6-го габарита

Ста

Тип электродвигателя	P_1, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	$\tilde{z}_1$, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АС 61/4	10	220/380	36,9/21,3	1 350	81,0	0,88	4,5	2,2	2,4	327/200	75/80	0,4	9 500 / 9 200	36	3
		500	16,3												
АС 62/4	14	220/380	51,0/29,5	1 350	82,0	0,88	4,5	2,2	2,4	327/200	100/105	0,4	9 400 / 9 400	36	3
		500	22,5												
АОС 62/4	10	220/380	37,4/21,6	1 350	79,0	0,89	5,5	2,3	2,5	327/200	100/105	0,4	8 100 / 8 080	36	3
		500	16,5												
АОС 63/4	14	220/380	50,0/29,0	1 350	81,0	0,90	6,0	2,3	2,5	327/200	135/140	0,4	8 250 / 8 250	36	3
		500	22,0												
АС 61/6	7	220/380	30,0/17,3	900	75,0	0,82	4,0	2,0	2,1	327/230	75/80	0,4	7 900 / 7 950	54	3
		500	13,0												
АС 62/6	10	220/380	42,7/24,7	900	77,0	0,82	4,0	2,1	2,3	327/230	100/105	0,4	7 700 / 7 800	54	3
		500	18,8												
АС 62/6	7	220/380	27,8/16,0	900	78,0	0,85	5,0	2,2	2,4	327/230	100/105	0,4	7 000 / 6 750	54	3
		500	12,8												
АОС 63/6	10	220/380	38,7/22,3	900	79,0	0,86	4,5	2,2	2,4	327/230	135/140	0,4	7 140 / 7 140	54	3
		500	17,0												
АС 61/8	4,5	220/380	22,0/12,5	665	71,5	0,76	4,5	1,9	2,0	327/230	75/80	0,4	8 000 / 8 010	54	$2\frac{1}{4}$
		500	9,5												
АС 62/8	7	220/380	32,0/18,5	665	74,0	0,78	4,0	1,9	2,0	327/230	100/105	0,4	8 000 / 7 870	54	$2\frac{1}{4}$
		500	14,0												
АОС 62/8	4,5	220/380	20,0/11,5	690	75,0	0,79	4,5	2,1	2,4	327/230	100/105	0,4	7 370 / 7 370	54	$2\frac{1}{4}$
		500	8,8												
АОС 63/8	7	220/380	29,7/17,0	675	76,5	0,81	4,5	2,1	2,4	327/230	135/140	0,4	7 080 / 6 900	54	$2\frac{1}{4}$
		500	13,0												

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{S_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	Q_{Cu}, кг	Ротор z_2
13,2; 8,6; 3,7	296	1,45/1,66	1	25	50	1—8	2	Δ/Δ	6,45	306	0,57	0,454	7,84	44
28,8; 1,0		1,25/1,46	2	17	68		—	Δ	6,63	317		0,829	7,96	
13,2; 8,6; 3,7	296	1,4/1,61	3	9 и 10	57	1—8	—	Δ/Δ	6,4	317	0,62	0,268	9,05	44
28,8; 1,0		1,45/1,66	2	12 и 13	50		—	Δ	6,8	322		0,494	8,5	
13,2; 8,6; 3,7	296	1,56/1,86	2	11	44	1—8	—	Δ/Δ	5,64	272	0,62	0,375	8,9	44
28,8; 1,0		1,35/1,64	1	29	58		2	Δ	5,75	274		0,662	8,9	
13,2; 8,6; 3,7	296	1,3/1,59	2	16	64	1—8	2	Δ/Δ	5,47	266	0,69	0,218	10,15	44
28,8; 1,0		1,62/1,92	1	21	42		2	Δ	5,34	265		0,370	10,15	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,3/1,51	2	13	52	1—8	—	Δ Δ	6,52	336	0,5	0,771	8,65	58
30,0; 2,0		1,12 1,33	2	17	68		—	Δ	6,6	330		1,36	8,11	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,5/1,71	2	10	40	1—8	—	Δ Δ	7,0	370	0,55	0,188	9,65	58
30,0; 2,0		1,3/1,51	2	13	52		—	Δ	7,08	364		0,848	9,52	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,35/1,64	2	11	44	1—8	—	Δ/Δ	5,59	263	0,55	0,666	8,95	58
30,0; 2,0		1,12/1,41	2	15	60		—	Δ	6,2	274		1,315	8,53	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,3/1,59	3	8	48	1—8	—	Δ Δ	5,6	267	0,62	0,393	10,25	58
30,0; 2,0		1,4/1,69	1	21	42		2	Δ	5,54	267		0,668	10,32	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,16/1,37	2	16	64	1—7	—	Δ Δ	5,91	298	0,48	1,142	8,15	58
30,0; 2,0		1,45/1,66	1	21	42		—	Δ	5,75	297		1,93	8,3	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,35/1,56	2	12	48	1—7	—	Δ Δ	6,45	332	0,53	0,702	9,1	58
30,0; 2,0		1,16/1,37	2	16	64		—	Δ	6,51	335		1,27	9,16	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,2/1,49	2	13	52	1—7	—	Δ Δ	5,08	223	0,53	0,962	8,15	58
30,0; 2,0		1,62/1,92	1	17	34		—	Δ	4,27	224		1,38	9,48	
10,5; 7,4; 3,2	247	1,45/1,74	2	10	40	1—7	—	Δ Δ	5,14	251	0,6	0,573	10,2	58
30,0; 2,0		1,2/1,49	1	27	54		2	Δ	5,74	262		1,13	9,6	

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателей типа АС проводом ПЭЛБО; с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная—0,2 мм, подклеенные. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; у электродвигателей типа АОС проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная—0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АС и АОС 7-го габарита

Статор

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АС 71/4	20	220/380	72,0/41,6	1 380	83,0	0,88	4,5	1,9	2,2	368/230	100/105	0,5	9 400	36	3
		500	31,7										9 260		
АС 72/4	28	220/380	100/57,5	1 365	84,0	0,88	5,0	2,2	2,4	368/230	135/140	0,5	9 600	36	3
		500	43,9										9 450		
АОС 72/4	20,0	220/380	71,0/41,0	1 350	82,5	0,90	6,0	2,3	2,5	368/230	135/140	0,5	8 200	36	3
		500	31,0										8 400		
АОС 73/4	28,0	220/380	98,0/56,5	1 365	83,5	0,90	6,0	2,3	2,6	368/230	185/190	0,5	8 400	36	3
		500	43,0										8 500		
АС 71/6	14	220/380	56,5/32,6	870	78,5	0,83	4,0	2,1	2,3	368/260	100/105	0,45	8 700	54	3
		500	24,9										8 530		
АС 72/6	20	220/380	78,3/45,2	880	80,0	0,84	4,0	2,1	2,3	368/260	135/140	0,45	8 430	54	3
		500	34,5										8 260		
АОС 72/6	14,0	220/380	53,0/30,5	900	80,0	0,87	4,5	2,2	2,4	368/260	135/140	0,45	7 560	54	3
		500	23,3										7 650		
АОС 73/6	20,0	220/380	73,6/42,5	900	81,0	0,88	4,5	2,2	2,4	368/260	185/190	0,45	7 400	54	3
		500	32,4										7 270		
АС 71/8	10,0	220/380	43,0/25,0	650	76,0	0,79	4,0	1,9	2,1	368/260	100/105	0,45	8 460	54	$2\frac{1}{4}$
		500	19,0										8 560		
АС 72/8	14,0	220/380	58,5/34,0	650	77,5	0,81	4,0	1,9	2,1	368/260	135/140	0,45	8 400	54	$2\frac{1}{4}$
		500	26,0										8 250		
АОС 72/8	10,0	220/380	41,4/23,8	660	77,5	0,82	4,5	2,0	2,2	368/260	135/140	0,45	7 400	54	$2\frac{1}{4}$
		500	18,2										7 450		
АОС 73/8	14,0	200/380	57,2/33,0	660	78,5	0,82	4,5	2,1	2,4	368/260	185/190	0,45	7 630	54	$2\frac{1}{4}$
		500	25,2										7 500		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 1

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателей типа АС проводом ПЭЛБО; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм подклеенные. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$\omega_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	λ, а/мм²	I_{m_1}, ч	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
15,18; 10,3; 3,7	370	1,45/1,66	2	16 и 17	66	1—8	2	Δ/λ	6,3	342	0,72	0,19	13,3	44
30,8; 1,0		1,3/1,51	2	22	88		2	λ	5,98	348		0,314	14,3	
15,18; 10,3; 3,7	370	1,68/1,89	2	12	48	1—8	2	Δ/λ	6,48	344	0,79	0,112	14,3	44
30,8; 1,0		1,5/1,71	2	16	64		2	λ	6,2	350		0,187	15	
15,18; 10,3; 3,7	370	1,56/1,86	2	14	56	1—8	2	Δ/λ	5,35	286	0,79	0,152	14,8	44
30,8; 1,0		1,35/1,64	2	18	72		2	λ	5,4	278		0,261	14,3	
15,18; 10,3; 3,7	370	1,56/1,86	3	10	60	1—8	2	Δ/λ	4,93	282	0,89	0,0818	17,9	44
30,8; 1,0		1,62/1,92	2	13	52		2	λ	5,21	279		0,447	16,6	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,45/1,66	1	24 и 23	47	1—8	3	Δ/λ	6,57	338	0,62	0,302	12,3	44
29,8; 1,0		1,56/1,77	1	21	42		2	λ	6,50	346		0,538	12,6	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,74/1,95	1	18	36	1—8	3	Δ/λ	6,33	360	0,69	0,183	14,9	44
29,8; 1,0		1,45/1,66	1	24	48		3	λ	6,96	365		0,352	13,9	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,56/1,86	1	20	40	1—8	3	Δ/λ	5,32	269	0,69	0,254	13,7	44
29,8; 1,0		1,35/1,64	1	26	52		3	λ	5,43	267		0,44	13,5	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,62/1,92	2	10	40	1—8	2	Δ/λ	5,15	280	0,79	0,151	17,1	44
29,8; 1,0		1,62/1,92	1	20	40		3	λ	5,24	286		0,27	16,9	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,62/1,83	2	10	40	1—7	—	Δ/λ	6,06	330	0,57	0,436	12,3	58
29,8; 1,0		1,4/1,61	2	13	52		—	λ	6,17	326		0,76	11,8	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,4/1,61	2	15	60	1—7	2	Δ/λ	5,52	337	0,64	0,246	15,4	58
29,8; 1,0		1,4/1,61	3	10	60		—	λ	5,63	344		0,438	15,6	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,2/1,49	2	17	68	1—7	2	Δ/λ	5,26	268	0,64	0,38	13,3	58
29,8; 1,0		1,56/1,86	2	11	44		-	λ	4,76	265		0,58	12,8	
11,9; 8,7; 3,7	291	1,5/1,80	4	6	48	1—7	—	Δ/λ	4,67	262	0,74	0,197	16,2	58
29,8; 1,0		1,45/1,74	3	8	48		—	λ	5,09	267		0,377	15,0	

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АС и АОС 8-го габарита

Ста

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	$\frac{B_\delta}{zc}$	z_1	q_1
АС 81/4	40	220/380	141,0/81,6	1 365	85,0	0,88	5,0	2,2	2,4	423/265	130/135	0,6	9 550/9 100	48	4
		500	62,2												
АС 82/4	55	220/380	191,0/110	1 380	86,0	0,88	5,0	2,2	2,4	423/265	180/185	0,6	9 180/9 050	48	4
		500	84,4												
АОС 82/4	40	220/380	138/80,0	1 380	84,5	0,90	6,0	2,3	2,6	423/265	180/185	0,6	7 860/8 050	48	4
		500	61,0												
АОС 83/4	55	220/380	189/109	1 395	85,0	0,90	6,0	2,3	2,6	423/265	250/255	0,6	7 940/8 030	48	4
		500	83,0												
АС 81/6	28	220/380	107/61,8	890	81,0	0,85	4,5	2,1	2,3	423/300	130/135	0,55	8 850/8 000	72	4
		500	47,0												
АС 82/6	40	220/380	149/86,2	900	82,0	0,86	4,5	2,1	2,4	423/300	180/185	0,55	8 550/8 660	72	4
		500	65,8												
АОС 82/6	28	220/380	101/58,5	910	82,0	0,89	5,5	2,2	2,4	423/300	180/185	0,55	6 900/7 040	72	4
		500	44,5												
АОС 83/6	40	220/380	142/82,0	910	82,5	0,90	5,5	2,2	2,6	423/300	250/255	0,55	7 470/7 620	72	4
		500	62,5												
АС 81/8	20	220/380	81,0/47,0	660	79,0	0,82	4,0	1,9	2,1	423/300	130/135	0,55	8 550/8 400	72	3
		500	36,0												
АС 82/8	28	220/380	112/64,9	670	80,0	0,82	4,0	2,0	2,1	423/300	180/185	0,55	8 650/8 500	72	3
		500	49,5												
АОС 82/8	20	220/380	78,8/45,5	670	79,5	0,84	4,5	2,1	2,4	423/300	180/185	0,55	7 200/7 050	72	3
		500	34,7												
АОС 83/8	28	220/380	109/63,0	675	80,5	0,84	4,5	2,1	2,4	423/300	250/255	0,55	7 150/7 200	72	3
		500	48,0												

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателей типа АС проводом с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4 Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюми

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, шт	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	Q_{Cu}, кг	Ротор z_2
13,3; 8,8; 3,2	387	1,5/1,71	4	8	64	1—11	2	Δ/λ	5,78	377	0,98	0,077	25,2	59
36,8; 1,0		1,5/1,71	3	11	66		2	λ	5,86	394		0,141	25,8	
13,3; 8,8; 3,2	387	1,45/1,66	3	12	72	1—11	4	Δ/λ	5,55	380	1,08	0,046	29	58
36,8; 1,0		1,56/1,77	4	8	64		2	λ	5,51	389		0,079	30	
13,3; 8,8; 3,2	387	1,68/1,99	4	7	56	1—11	2	Δ/λ	4,5	322	1,08	0,059	31,3	58
36,8; 1,0		1,68/1,99	3	9	54		2	λ	4,38	317		0,102	30,1	
13,3; 8,8; 3,2	387	1,62/1,92	3	10	60	1—11	4	Δ/λ	4,4	345	1,22	0,035	27	57
36,8; 1,0		1,4/1,69	3	13	78		4	λ	4,5	311		0,06	24	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,45/1,66	3	8	48	1—11	2	Δ/λ	6,23	378	0,83	0,145	24,2	58
32,8; 1,0		1,56/1,77	2	11	44		2	λ	6,14	395		0,257	24,3	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,74/1,95	1	17	34	1—11	6	Δ/λ	6,04	374	0,95	0,0795	25,8	58
32,8; 1,0		1,56/1,77	2	11	44		3	λ	5,73	369		0,127	27,2	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,56/1,86	3	7	42	1—11	2	Δ/λ	5,1	313	0,95	0,124	27	58
32,8; 1,0		1,68/1,99	2	9	36		2	λ	5,01	306		0,204	26,6	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,56/1,86	3	7	42	1—11	3	Δ/λ	4,76	292	1,09	0,063	30,8	58
32,8; 1,0		1,68/1,99	2	9	36		3	λ	4,89	286		0,103	30,3	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,62/1,83	1	21	42	1—8	4	Δ/λ	5,70	378	0,72	0,190	21,4	58
32,8; 1,0		1,56/1,77	3	7	42		—	λ	6,27	385		0,365	20,4	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,3/1,51	2	15	60	1—8	4	Δ/λ	6,10	371	0,89	0,121	22,6	58
32,8; 1,0		1,62/1,83	2	10	40		2	λ	6,0	378		0,205	23,4	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,35/1,64	3	9	54	1—8	2	Δ/λ	5,3	313	0,82	0,178	23	58
32,8; 1,0		1,68/1,99	3	6	36		2	λ	5,24	308		0,309	23,8	
10,0; 7,35; 3,2	271	1,35/1,64	2	14	52	1—8	4	Δ/λ	5,3	313	0,96	0,143	25,2	58
32,8; 1,0		1,68/1,99	1	17	34		4	λ	5,11	302		0,402	25	

ПЭЛБО; у электродвигателей типа АОС проводом ПСД. 2. Изоляция пазов статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: миканит толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная—0,2 мм, подклеенные. 3. Между слоев пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: миканит толщиной 0,4 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм и по 2 мм слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: миканит лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм и по 2 мм слоя пленкокартона по 0,4

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АС и АОС 9-го габарита

Ста

Тип электродвигателей	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АС 91/4	75	220/380	258/149	1 380	87,0	0,88	5,0	2,2	2,4	493/315	160/165	1,0	8 200/8 290	60	5
		500	114,0												
АС 92/4	100	220/380	339/195	1 380	88,0	0,88	5,0	2,2	2,4	493/315	220/225	1,0	8 500/7 850	60	5
		500	149,0												
АОС 93/4	75	220/380	255/148	1 395	85,5	0,90	6,0	2,2	2,6	493/315	250/255	1,0	6 600/6 600	60	5
		500	112,0												
АОС 94/4	100	220/380	335/195	1 395	85,5	0,90	6,0	2,2	2,6	493/315	320/325	1,0	6 850/6 750	60	5
		500	150,0												
АС 91/6	55	220/380	202/117	900	82,5	0,87	4,5	2,1	2,4	493/350	160/165	0,6	8 750/8 350	72	4
		500	88,8												
АС 92/6	75	220/380	268/155	910	83,5	0,88	4,5	2,1	2,4	493/350	220/225	0,6	8 470/8 350	72	4
		500	118,0												
АОС 93/6	55	220/380	192,111	910	83,0	0,91	5,5	2,2	2,5	493/350	250/255	0,6	6 900/6 940	72	4
		500	84,5												
АОС 94/6	75	220/380	258/149	910	84,0	0,91	5,5	2,2	2,5	493/350	320/325	0,6	7 000/7 080	72	4
		500	114,0												
АС 91/8	40	220/380	161/92,6	670	80,0	0,82	4,0	2,0	2,1	493/350	160/165	0,6	9 300/9 160	72	3
		500	70,7												
АС 92/8	55	220/380	219/127	670	80,5	0,82	4,0	2,0	2,1	493/350	220/225	0,6	9 100/9 180	72	3
		500	96,6												
АОС 93/8	40	220/380	154/88,8	675	81,5	0,84	4,5	2,1	2,4	493/350	250/255	0,6	8 030/7 800	72	3
		500	67,6												
АОС 94/8	55	220/380	210/121	675	82,0	0,84	4,5	2,1	2,4	493/350	320/325	0,6	7 820/7 820	72	3
		500	92,5												

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 1.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателей типа АС проводом с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; толщиной 0,1 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюми

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, см	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
13,4; 9,2; 3,7	465	1,68/1,89	3	10	60	1—14	4	Δ/Δ	5,6	452	1,17	0,038	43,8	50
43,0; 1,0		1,45/1,68	3	13	78		4	Δ	5,75	450		0,067	42,4	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,62/1,83	5	7	70	1—14	4	Δ/Δ	4,72	415	1,29	0,0196	52,8	50
43,0; 1,0		1,50/1,71	4	10	80		4	Δ	5,28	455		0,040	51,6	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,68/1,99	4	8	64	1—14	4	Δ/Δ	4,17	359	1,35	0,027	55,5	50
43,0; 1,0		1,68/1,99	3	10 и 11	83		4	Δ	4,2	357		0,046	54,5	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,62/1,92	6	6	72	1—14	4	Δ/Δ	3,95	355	1,49	0,0154	64,4	50
43,0; 1,0		1,74/2,05	4	8	64		4	Δ	3,94	364		0,0278	65,2	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,50/1,71	2	16	64	1—11	6	Δ/Δ	5,51	408	0,95	0,050	36,4	58
38,0; 1,0		1,50/1,71	3	11	66		3	Δ	5,6	425		0,092	36,8	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,56/1,77	5	6	60	1—11	3	Δ/Δ	5,4	407	1,07	0,0314	42,5	58
38,0; 1,0		1,50/1,71	2	16	64		6	Δ	5,56	412		0,056	40,9	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,68/1,99	2	13	52	1—11	6	Δ/Δ	4,16	316	1,13	0,039	45,2	58
38,0; 1,0		1,45/1,74	2	17	68		6	Δ	4,25	314		0,068	44,3	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,56/1,86	3	10	60	1—11	6	Δ/Δ	4,33	325	1,27	0,0264	51,2	58
38,0; 1,0		1,68/1,99	2	13	52		6	Δ	4,28	324		0,044	50,6	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,68/1,89	2	13 и 14	54	1—8	4	Δ/Δ	5,21	410	0,82	0,0656	34,1	58
38,0; 1,0		1,68/1,89	3	9	54		2	Δ	5,31	416		0,117	34,1	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,56/1,77	3	10	60	1—8	4	Δ/Δ	5,53	416	0,94	0,043	37,2	58
38,0; 1,0		1,68/1,89	2	13	52		4	Δ	5,44	412		0,0725	37,0	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,56/1,86	3	10	60	1—8	4	Δ/Δ	3,87	291	1,0	0,0458	40,8	58
38,0; 1,0		1,62/1,92	2	13 и 14	54		4	Δ	4,1	299		0,086	39,0	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,45/1,74	4	8	64	1—8	4	Δ/Δ	4,58	317	1,14	0,034	43,2	58
38,0; 1,0		1,50/1,80	3	10 и 11	63		4	Δ	4,36	318		0,0595	44,9	

ПЭЛБО; у электродвигателей типа АОС проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,1 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные. лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакарточ ниевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$, мм	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$, мм	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АОП 41/4	1,7	127/220 220/380 500	11,8/6,8 6,8/3,9 3,0	1 420	80,0	0,81	5,5	2,0	2,4	182/112	75/78	0,3	7 380 7 480 7 450	36	3
АОП 42/4	2,8	127/220 220/380 500	18,5/10,7 10,7/6,2 4,7	1 420	83,0	0,83	6,0	2,0	2,6	182/112	115/118	0,3	7 450 7 190 7 360	36	3
АОП 41/6	1,0	127/220 220/380 500	8,5/4,9 4,9/2,8 2,1	930	75,0	0,72	4,5	1,9	2,4	182/112	75/78	0,3	7 950 7 950 7 990	36	2
АОП 42/6	1,7	127/220 220/380 500	13,1/7,6 7,6/4,4 3,4	930	79,5	0,75	5,0	1,9	2,4	182/112	115/118	0,3	7 550 7 490 7 530	36	2

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора—по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза ста 0,1 мм. 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$, мм	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$, мм	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АОП 51/4	4,5	127/220 220/380 500	28,4/16,4 16,4/9,5 7,2	1 440	84,5	0,85	6,5	2,0	2,8	245/152	90/94	0,4	7 700 7 720 7 700	36	3
АОП 52/4	7,0	127/220 220/380 500	43,0/24,8 24,8/14,2 10,8	1 440	86,0	0,86	7,0	2,0	2,8	245/152	140/144	0,4	7 850 7 460 7 340	36	3
АОП 51/6	2,8	127/220 220/380 500	19,9/11,4 11,4/6,6 5,0	940	82,0	0,78	5,0	1,9	2,4	245/152	90/94	0,4	7 700 7 700 7 720	36	2
АОП 52/6	4,5	127/220 220/380 500	30,5/17,6 17,6/10,2 7,8	940	83,5	0,80	5,5	1,9	2,4	245/152	140/144	0,4	7 410 7 410 7 480	36	2

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора—по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза ста 0,2 мм. 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

двигателей единой серии типа АОП 4-го габарита

тор

Размеры паза * b; b'; b'' / h; l, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор, z_2
8,4; 5,6; 3,0 19,5; 0,5	125,8	1,3/1,51	1	31	31	1—12	Δ/Δ	5,12	215	0,46	1,07	3,18	26
		0,96/1,14	1	53	53	2—11	Δ/Δ	5,4	211		3,38	2,98	
		0,83/1,01	1	70	70	3—10	Δ	5,55	214		5,99	2,96	
8,4; 5,6; 3,0 19,5; 0,5	125,8	1,12/1,33	2	20	40	1—12	Δ/Δ	5,44	219	0,54	0,575	3,59	26
		1,2/1,41	1	36	36	2—11	Δ/Δ	5,48	228		1,81	3,70	
		1,0/1,21	1	46	46	3—10	Δ	5,99	221		3,33	3,31	
8,4; 5,6; 3,0 19,5; 0,5	125,8	1,08/1,29	1	41	41	1—8	Δ/Δ	5,35	205	0,39	1,86	2,47	42
		0,83/1,01	1	71	71	2—7	Δ/Δ	5,17	203		5,47	2,54	
		0,69/0,86	1	93	93		Δ	5,61	200		10,4	2,31	
8,4; 5,6; 3,0 19,5; 0,5	125,8	0,93/1,11	2	28	56	1—8	Δ/Δ	5,6	217	0,47	1,05	3,02	42
		1,0/1,21	1	49	49	2—7	Δ/Δ	5,6	220		3,16	3,06	
		0,86/1,04	1	64	64		Δ	5,85	222		5,55	2,96	

тора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной

двигателей единой серии типа АОП 5-го габарита

тор

Размеры паза * b_1; b'; b'' / h; l	Q_{s_1}, мм	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор, z_2
10,8; 7,4; 3,2 24,75; 0,75	206,5	1,25/1,46	3	18	54	1—12	—	Δ/Δ	4,45	223	0,59	0,303	6,56	42
		1,16/1,37	2	31	62	2—11	—	Δ/Δ	4,5	222		0,91	6,5	
		1,0/1,21	2	41	82	3—10	—	Δ	4,59	222		1,62	6,45	
10,8; 7,4; 3,2 24,75; 0,75	206,5	1,35/1,56	2	23	46	1—12	2	Δ/Δ	4,32	215	0,69	0,147	7,6	42
		1,16/1,37	3	21	63	2—11	—	Δ/Δ	4,48	225		0,48	7,72	
		1,2/1,41	2	28	56	3—10	—	Δ	4,77	228		0,9	7,35	
10,8; 7,4; 3,2 24,75; 0,75	206,5	1,3/1,51	2	26	52	1—8	—	Δ/Δ	4,3	224	0,48	0,404	5,56	42
		1,4/1,61	1	45	45	2—7	—	Δ/Δ	4,3	224		1,48	5,57	
		1,2/1,41	1	59	59		—	Δ	4,41	222		2,64	5,38	
10,8; 7,4; 3,2 24,75; 0,75	206,5	1,3/1,51	1	52	52	1—8	3	Δ/Δ	4,43	230	0,58	0,266	6,72	42
		1,16/1,37	2	30	60	2—7	—	Δ/Δ	4,83	231		0,864	6,2	
		1,0/1,21	2	39	78		—	Δ	4,97	230		1,52	6,02	

тора в заводском исполнении; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной

Основные обмоточно-расчетные данные электродвига

Ста

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{маке}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АП 61/4	10	220/380 500	36,0/20,8 15,8	1 450	86,0	0,85	5,0	1,8	2,1	327 200	75 80	0,4	8 850 8 720	36	3
АП 62/4	14	220/380 500	49,5/28,6 21,8	1 450	87,5	0,85	5,0	1,8	2,2	327 200	100 105	0,4	8 920 9 010	36	3
АОП 62/4	10	220/380 500	36,5/20,0 15,0	1 460	86,5	0,87	7,0	2,0	2,5	327 200	100 105	0,4	8 150 8 100	36	3
АОП 63/4	14	220/380 500	47,5/27,5 21,0	1 460	87,5	0,87	7,0	2,0	2,8	327 200	135 140	0,4	8 260 8 260	36	3
АП 61/6	7	220/380 500	27,7/16,0 12,2	950	84,0	0,79	4,5	1,7	2,0	327 230	75 80	0,4	7 900 7 950	54	3
АП 62/6	10	220/380 500	37,7/21,7 16,6	950	85,0	0,81	5,0	1,8	2,0	327 230	100 105	0,4	7 700 7 800	54	3
АОП 62/6	7	220/380 500	27,0/15,5 12,0	960	85,0	0,81	6,0	1,9	2,3	327 230	100 105	0,4	7 000 6 750	54	3
АОП 63/6	10	220/380 500	37,0/21,5 16,5	960	86,0	0,82	6,0	1,9	2,4	327 230	135 140	0,4	7 150 7 150	54	3
АП 61/8	4,5	220/380 500	19,4/11,2 8,5	725	82,5	0,74	5,0	1,7	2,2	327 230	75 80	0,4	8 210 8 420	54	2¼
АП 62/8	7	220/380 500	28,9/16,7 12,7	725	84,0	0,76	5,0	1,7	2,2	327 230	100 105	0,4	8 300 8 370	54	2¼
АОП 62/8	4,5	220/380 500	19,6/11,3 8,7	735	82,5	0,73	6,0	1,8	2,4	327 230	100 105	0,4	7 350 7 400	54	2¼
АОП 63/8	7	220/380 500	28,8/16,6 12,7	730	84,0	0,76	6,0	1,8	2,4	327 230	135 140	0,4	7 500 7 470	54	2¼

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 5.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателя типа АП проводом

с проводом ПЭЛБО:

электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм;
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм

с проводом ПСД:

микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:

электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм;
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм

с проводом ПСД:

микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе

3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

телей единой серии типа АП и АОП 6-го габарита

тор

Размеры паза * $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$\omega_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор, z_2
13,2; 8,6; 3,7 28,8; 1,0	296	1,45/1,66 1,25/1,46	1 2	27 18	54 72	1—8	2 —	Δ/λ λ	6,3 6,44	322 326	0,57	0,49 0,87	8,44 8,41	2×22
13,2; 8,6; 3,7 28,8; 1,0	296	1,68/1,89 1,45/1,66	2 2	10 13	40 52	1—8	— —	Δ/λ λ	6,45 6,6	328 325	0,62	0,294 0,514	9,06 8,84	2×22
13,2; 8,6; 3,7 28,8; 1,0	296	1,56/1,86 1,35/1,64	2 1	11 29	44 58	1—8	— 2	Δ/λ λ	5,23 5,23	252 250	0,62	0,375 0,662	8,9 8,9	2×22
13,2; 8,6; 3,7 28,8; 1,0	296	1,3/1,59 1,62/1,92	2 1	16 21	64 42	1—8	2 2	Δ/λ λ	5,18 5,1	252 253	0,69	0,218 0,37	10,15 10,15	2×22
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,3/1,51 1,12/1,33	2 2	13 17	52 68	1—8	— —	Δ/λ λ	6,02 6,18	311 310	0,5	0,771 1,36	8,65 8,41	2×34
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,5/1,71 1,3/1,51	2 2	10 13	40 52	1—8	— —	Δ/λ λ	6,16 6,25	325 323	0,55	0,488 0,845	9,65 9,52	2×34
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,35/1,64 1,12/1,41	2 2	11 15	44 60	1—8	— —	Δ/λ λ	5,4 6,1	253 270	0,55	0,666 1,315	8,95 8,53	2×31
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,3/1,59 1,4/1,69	3 1	8 21	48 42	1—8	— 2	Δ/λ λ	5,4 5,37	257 255	0,62	0,393 0,668	10,25 10,32	2×34
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,2/1,41 1,5/1,71	1 1	31 20	62 40	1—7	2 —	Δ/λ λ	4,95 4,82	260 254	0,48	1,033 1,7	8,45 8,45	2×34
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,4/1,61 1,25/1,46	1 2	23 15	46 60	1—7	2 —	Δ/λ λ	5,42 5,18	288 285	0,53	0,624 1,02	9,35 9,8	2×31
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,2/1,49 1,62/1,92	2 1	13 17	52 34	1—7	— —	Δ/λ λ	5,0 4,22	220 221	0,53	0,962 1,38	8,15 9,49	2×31
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,5/1,80 1,3/1,59	1 1	19 25	38 50	1—7	2 2	Δ/λ λ	4,7 4,78	236 238	0,6	0,566 0,89	10,35 10,35	2×34

ПЭЛБО; у электродвигателей типа АОП проводом ПСД.

Основные обмоточно-расчетные данные электродви

Ста

Тип электродвигателя	P, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АП 71/4	20	220/380 500	70,5/40,6 31,0	1 450	88,0	0,85	5,5	1,8	2,2	368 230	100 105	0,5	9 400 9 250	36	3
АП 72/4	28	220/380 500	97,4/56,0 42,8	1 450	89,0	0,85	6,5	1,8	2,2	368 230	135 140	0,5	9 600 9 450	36	3
АОП 72/4	20	220/380 500	67,5/39,0 29,5	1 460	88,0	0,87	7,0	1,9	2,8	368 230	135 140	0,5	8 230 8 400	36	3
АОП 73/4	28	220/380 500	94,0/54,5 41,5	1 460	89,0	0,87	7,5	1,9	2,8	368 230	185 190	0,5	8 400 8 480	36	3
АП 71/6	14	220/380 500	51,8/29,9 22,8	970	86,5	0,82	5,5	1,8	2,2	368 260	100 105	0,45	8 740 8 550	54	3
АП 72/6	20	220/380 500	72,3/41,6 31,9	970	87,5	0,83	6,0	1,8	2,2	368 260	135 140	0,45	8 400 8 250	54	3
АОП 72/6	14	220/380 500	51,0/29,5 22,5	980	86,5	0,83	6,0	1,9	2,4	368 260	135 140	0,45	7 550 7 630	54	3
АОП 73/6	20	220/380 500	70,0/40,5 31,0	980	87,5	0,84	6,5	1,9	2,4	368 260	185 190	0,45	7 340 7 200	54	3
АП 71/8	10	220/380 500	40,0/23,2 17,7	730	85,0	0,77	5,0	1,7	2,2	368 260	100 105	0,45	8 460 8 570	54	2¼
АП 72/8	14	220/380 500	55,0/32,0 24,4	730	86,5	0,77	5,5	1,7	2,2	368 260	135 140	0,45	8 390 8 250	54	2¼
АОП 72/8	10	220/380 500	40,0/23,0 17,7	735	85,0	0,77	6,0	1,8	2,4	368 260	135 140	0,45	7 400 7 500	54	2¼
АОП 73/8	14	220/380 500	55,0/31,8 24,3	735	86,5	0,77	6,0	1,8	2,4	368 260	185 190	0,45	7 650 7 580	54	2¼

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 5.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателей типа АП проводом

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:	с проводом ПСД:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.	микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная, 0,2 мм, подклеенные.

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:	с проводом ПСД:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.	микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

гателей единой серии типов АП и АОП 7-го габарита

тор

Размеры паза * $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_s, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
15,18; 10,3; 3,7 30,8; 1,0	370	1,45/1,66 1,3/1,51	2 2	16 и 17 22	66 88	1—8	2 2	Δ/Δ Δ	6,15 5,84	334 340	0,72	0,19 0,314	13,3 14,3	2×22
15,18; 10,3; 3,7 30,8; 1,0	370	1,68/1,89 1,5/1,71	2 2	12 16	48 64	1—8	2 2	Δ/Δ Δ	6,3 6,07	335 342	0,79	0,112 0,187	14,3 15	2×22
15,18; 10,3; 3,7 30,8; 1,0	370	1,56/1,86 1,35/1,64	2 2	14 18	56 72	1—8	2 2	Δ/Δ Δ	5,1 5,15	272 265	0,79	0,152 0,261	14,8 14,3	2×22
15,18; 10,3; 3,7 30,8; 1,0	370	1,56/1,86 1,62/1,92	3 2	10 13	60 52	1—8	2 2	Δ/Δ Δ	4,75 5,03	272 268	0,89	0,0818 0,147	17,9 16,6	2×22
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,45/1,66 1,56/1,77	1 1	23 и 24 21	47 42	1—8	3 2	Δ/Δ Δ	6,03 5,96	310 317	0,62	0,302 0,538	12,3 12,6	2×34
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,74/1,95 1,45/1,66	1 1	18 24	36 48	1—8	3 3	Δ/Δ Δ	5,82 6,44	330 337	0,69	0,183 0,352	14,9 13,9	2×34
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,56/1,86 1,35/1,64	1 1	20 26	40 52	1—8	3 3	Δ/Δ Δ	5,14 5,24	261 260	0,69	0,254 0,44	13,7 13,5	2×34
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,62/1,92 1,62/1,92	2 1	10 20	40 40	1—8	2 3	Δ/Δ Δ	4,91 5,02	268 273	0,79	0,151 0,27	17,1 16,9	2×34
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,62/1,83 1,4/1,61	2 2	10 13	40 52	1—7	— —	Δ/Δ Δ	5,63 5,75	306 304	0,57	0,436 0,76	12,3 11,8	2×34
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,4/1,61 1,4/1,61	2 3	15 10	60 60	1—7	2 —	Δ/Δ Δ	5,2 5,3	317 323	0,64	0,246 0,438	15,4 15,6	2×34
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,2/1,49 1,56/1,86	2 2	17 11	68 44	1—7	2 —	Δ/Δ Δ	5,08 4,63	258 258	0,64	0,38 0,58	13,3 12,8	2×34
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,5/1,80 1,45/1,74	4 3	6 8	48 48	1—7	— —	Δ/Δ Δ	4,50 4,9	252 257	0,74	0,197 0,377	16,2 15,0	2×[illegible]

ПЭЛБО; у электродвигателей типа АОП проводом ПСД.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типов АП и АОП 8-го габарита

Статор

Тип электродвигателя	P_2, квт	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{a_1}}{l_{i_1}}$	[illegible] мм	[illegible]	z_1	q_1
АП 81/4	40	220/380 / 500	138,0/79,4 / 60,[illegible]	1 460	90,0	0,85	6,0	1,8	2,2	423 / 265	130 / 1[illegible]	0,6	9 540 / 9 100	48	4
АП 82/4	55	220/380 / 500	186,0/107 / 82,0	1 460	90,5	0,86	6,5	1,8	2,2	423 / 265	180 / 185	0,6	9 200 / 9 060	48	4
АОП 82/4	40	220/380 / 500	132/76,5 / 58,5	1 470	90,0	0,88	7,0	1,9	2,6	423 / 265	180 / 185	0,6	7 880 / 8 080	48	4
АОП 83/4	55	220/380 / 500	180/104 / 79,0	1 470	90,5	0,88	7,5	1,9	2,6	423 / 265	250 / 255	0,6	7 940 / 8 010	48	4
АП 81/6	28	220/380 / 500	99,0/57,0 / 43,6	975	88,5	0,84	6,0	1,8	2,2	423 / 300	130 / 135	0,55	8 400 / 8 050	72	4
АП 82/6	40	220/380 / 500	140/80,8 / 61,5	975	89,5	0,84	6,5	1,8	2,2	423 / 300	180 / 185	0,55	8 520 / 8 650	72	4
АОП 82/6	28	220/380 / 500	95,0/55,0 / 42,0	980	88,5	0,86	6,5	1,9	2,4	423 / 300	180 / 185	0,55	6 900 / 7 080	72	4
АОП 83/6	40	220/380 / 500	133/77,0 / 58,5	980	89,5	0,87	7,0	1,9	2,4	423 / 300	250 / 255	0,55	7 500 / 7 630	72	4
АП 81/8	20	220/380 / 500	78,0/45,0 / 34,3	730	87,5	0,77	5,5	1,7	2,2	423 / 300	130 / 135	0,55	8 530 / 8 410	72	3
АП 82/8	28	220/380 / 500	108/62,5 / 47,5	730	88,5	0,77	5,5	1,7	2,2	423 / 300	180 / 185	0,55	8 600 / 8 500	72	3
АОП 82/8	20	220/380 / 500	75,0/43,3 / 33,0	735	87,5	0,80	6,0	1,8	2,3	423 / 300	180 / 185	0,55	7 200 / 7 100	72	3
АОП 83/8	28	220/380 / 500	104/60,0 / 45,6	735	88,5	0,80	6,0	1,8	2,3	423 / 300	250 / 255	0,55	7 150 / 7 200	72	3

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора на 4 полюса—по форме № 5, паз ротора на 6 и 8 полюсов—по форме № 6.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателей типа АП проводом ПЭЛБО; у электродвигателей типа АОП проводом ПСД

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:

электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*;
лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 *мм*;
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм* или два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*.

с проводом ПСД:

микакартон толщиной 0,4 *мм* и стеклолакоткань черная—0,2 *мм*, подклеенные

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:

электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*;
лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 *мм*;
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм* или два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*

с проводом ПСД:

микакартон толщиной 0,1 *мм* и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 *мм*, склеенные вместе

4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

Размеры паза * $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d d'	m_1	Q_{s_1}	$n_{э_1}$	q_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
13,3; 8,8; 3,2 / 36,8; 1,0	387	1,5/1,71 / 1,5/1,71	4 / 3	8 / 11	64 / 66	1—11	2 / 2	Δ/λ / λ	5,61 / 5,7	366 / 384	0,98	0,077 / 0,141	25,2 / 25,8	2×29
13,3; 8,8; 3,2 / 36,8; 1,0	387	1,45/1,66 / 1,56/1,77	3 / 4	12 / 8	72 / 64	1—11	4 / 2	Δ/λ / λ	5,4 / 5,36	370 / 378	1,08	0,046 / 0,079	29 / 30	2×29
13,3; 8,8; 3,2 / 36,8; 1,0	387	1,68/1,99 / 1,68/1,99	4 / 3	7 / 9	56 / 54	1—11	2 / 2	Δ/λ / λ	4,3 / 4,39	309 / 303	1,08	0,059 / 0,102	31,3 / 30,1	2×29
13,3; 8,8; 3,2 / 36,8; 1,0	387	1,62/1,92 / 1,4/1,69	3 / 3	10 / 13	60 / 78	1—11	4 / 4	Δ/λ / λ	4,2 / 4,28	300 / 296	1,22	0,035 / 0,06	35 / 34	2×29
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,45/1,66 / 1,56/1,77	3 / 2	8 / 11	48 / 44	1—11	2 / 2	Δ/λ / λ	5,74 / 5,7	348 / 367	0,85	0,145 / 0,257	23,2 / 24,3	2×46
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,74/1,95 / 1,56/1,77	1 / 2	17 / 11	34 / 44	1—11	6 / 3	Δ/λ / λ	5,65 / 5,35	350 / 345	0,95	0,0795 / 0,127	25,8 / 27,2	2×46
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,56/1,86 / 1,68/1,99	3 / 2	7 / 9	42 / 36	1—11	2 / 2	Δ/λ / λ	4,8 / 4,73	294 / 289	0,95	0,124 / 0,204	27 / 26,6	2×46
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,56/1,86 / 1,68/1,99	3 / 2	7 / 9	42 / 36	1—11	3 / 3	Δ/λ / λ	4,47 / 4,39	275 / 269	1,09	0,063 / 0,103	30,8 / 30,3	2×46
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,62/1,83 / 1,56/1,77	1 / 3	21 / 7	42 / 42	1—8	4 / —	Δ/λ / λ	5,45 / 5,98	362 / 367	0,72	0,190 / 0,365	21,4 / 20,4	2×46
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,3/1,51 / 1,62/1,83	2 / 2	15 / 10	60 / 40	1—8	4 / 2	Δ/λ / λ	5,89 / 5,76	358 / 363	0,82	0,121 / 0,206	22,6 / 23,4	2×46
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,35/1,64 / 1,68/1,99	3 / 3	9 / 6	54 / 36	1—8	2 / —	Δ/λ / λ	5,03 / 4,95	298 / 302	0,82	0,178 / 0,309	23 / 23,8	2×46
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,35/1,64 / 1,68/1,99	2 / 1	13 / 17	52 / 34	1—8	4 / 4	Δ/λ / λ	5,24 / 5,13	295 / 296	0,96	0,113 / 0,192	25,2 / 25	2×46

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типов АП и АОП 9-го габарита

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АП 91/4	75	220/380	253,0/146,0	1 460	91,0	0,86	6,0	1,8	2,2	493/315	160/165	1,0	8 200/8 300	60	5
		500	111,0												
АП 92/4	100	220/380	334,0/193,0	1 460	91,5	0,86	6,5	1,8	2,2	493/315	220/225	1,0	8 500/7 460	60	5
		500	147,0												
АОП 93/4	75	220/380	238,0/138,0	1 470	91,0	0,89	7,0	1,9	2,6	493/315	250/255	1,0	6 590/6 590	60	5
		500	105,0												
АОП 94/4	100	220/380	320,0/185,0	1 470	91,5	0,89	7,5	1,9	2,6	493/315	320/325	1,0	6 850/6 730	60	5
		500	141,0												
АП 91/6	55	220/380	190,0/110,0	980	90,5	0,84	6,0	1,8	2,2	493/350	160/165	0,8	8 180/8 240	72	4
		500	84,0												
АП 92/6	75	220/380	256,0/148,0	980	91,5	0,84	6,5	1,8	2,2	493/350	220/225	0,8	8 410/8 280	72	4
		500	113,0												
АОП 93/6	55	220/380	180,0/104,0	985	90,5	0,88	6,5	1,8	2,4	493/350	250/255	0,8	6 870/6 900	72	4
		500	79,0												
АОП 94/6	75	220/380	240,0/139,0	985	91,5	0,89	7,0	1,8	2,4	493/350	320/325	0,8	6 870/6 950	72	4
		500	106,0												
АП 91/8	40	220/380	151,0/87,0	730	89,5	0,78	5,5	1,7	2,2	493/350	160/165	0,8	8 200/8 100	72	3
		500	66,5												
АП 92/8	55	220/380	202,0/117,0	730	90,5	0,79	6,0	1,7	2,2	493/350	220/225	0,8	8 150/8 120	72	3
		500	89,0												
АОП 93/8	40	220/380	145,0/83,5	735	89,5	0,81	6,5	1,8	2,3	493/350	250/255	0,8	7 190/7 140	72	3
		500	64,0												
АОП 94/8	55	220/380	197,0/114,0	735	90,5	0,81	7,0	1,8	2,3	493/350	320/325	0,8	7 250/7 350	72	3
		500	87,0												

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
13,4; 9,2; 3,7	465	1,68/1,89	3	10	60	1—14	4	Δ/λ	5,48	443	1,17	0,038	43,8	2×35
43,0; 1,0		1,45/1,66	3	13	78		4	λ	5,6	438		0,067	42,4	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,62/1,83	5	7	70	1—14	4	Δ/λ	4,68	410	1,29	0,0196	52,8	2×35
43,0; 1,0		1,68/1,89	3	10 и 11	63		4	λ	5,51	468		0,044	50,5	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,68/1,99	4	8	64	1—14	4	Δ/λ	3,88	335	1,35	0,027	55,5	2×35
43,0; 1,0		1,68/1,99	3	10 и 11	63		4	λ	3,94	335		0,046	54,5	
13,4; 9,2; 3,7	465	1,62/1,92	6	6	72	1—14	4	Δ/λ	3,74	337	1,49	0,0154	64,4	2×35
43,0; 1,0		1,74/2,05	4	8	64		4	λ	3,7	342		0,0278	65,2	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,45/1,66	2	17	68	1—11	6	Δ/λ	5,55	408	0,95	0,057	35,5	2×46
38,0; 1,0		1,5/1,71	3	11	66		3	λ	5,29	404		0,092	36,8	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,74/1,95	4	6	48	1—11	3	Δ/λ	5,18	388	1,07	0,032	41,0	2×46
38,0; 1,0		1,5/1,71	2	16	64		6	λ	5,34	395		0,056	40,9	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,68/1,99	2	13	52	1—11	6	Δ/λ	3,9	295	1,13	0,039	45,2	2×46
38,0; 1,0		1,45/1,74	2	17	68		6	λ	3,98	293		0,068	44,3	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,56/1,86	3	10	60	1—11	6	Δ/λ	4,04	304	1,27	0,0264	51,2	2×46
38,0; 1,0		1,68/1,99	2	13	52		6	λ	3,98	301		0,044	50,6	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,56/1,77	2	15	60	1—8	4	Δ/λ	5,68	427	0,82	0,085	31,2	2×46
38,0; 1,0		1,56/1,77	3	10	60		2	λ	5,8	435		0,150	31,2	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,5/1,71	3	11	[illegible]	1—8	4	Δ/λ	5,52	422	0,94	0,051	37,7	2×46
38,0; 1,0		1,62/1,83	2	14 и 15	[illegible]		4	λ	5,4	423		0,087	38,3	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,45/1,74	3	11	66	1—8	4	Δ/λ	4,2	301	1,0	0,058	38,8	2×46
38,0; 1,0		1,56/1,86	2	14 и 15	58		4	λ	4,19	304		0,10	38,9	
11,5; 8,4; 3,7	363	1,68/1,99	3	8 и 9	51	1—8	4	Δ/λ	4,28	318	1,14	0,038	45,6	2×46
38,0; 1,0		1,45/1,74	3	11	66		4	λ	4,39	313		0,066	44,2	

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора на 4 полюса—по форме № 5, паз ротора на 6 и 8 полюсов— по форме № 6.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателей типа АП проводом ПЭЛБО; у электродвигателей типа АОП проводом ПСД.

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:

электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм;
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм

с проводом ПСД:

микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:

электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм;
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм

с проводом ПСД:

микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе

4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	Ста z_1	q_1
АОТ 41/4	1,0	127/220	6,9 4,0	1 435	79,0	0,81	6,0	2,0	2,8	182/112	75/78	0,3	6 540	36	3
		220/380	4,0/2,3										6 500		
		500	1,75										6 510		
АОТ 42/4	1,7	127/220	10,7 6,2	1 440	84,0	0,83	6,5	2,2	2,8	182/112	115/118	0,3	6 200	36	3
		220/380	6,2 3,6										6 290		
		500	2,7										6 270		
АОТ 41 6	0,6	127/220	4,9/2,8	960	74,0	0,72	5,5	2,0	2,6	182/112	75/78	0,3	6 280	36	2
		220/380	2,8 1,6										6 360		
		500	1,25										6 350		
АОТ 42 6	1,0	127/220	7,8/4,5	960	79,0	0,74	6,0	2,0	2,6	182/112	115/118	0,3	6 060	36	2
		220/380	4,5/2,6										6 030		
		500	2,0										6 040		

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора—по форме № 2

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данны е электродви

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	Ста z_1	q_1
АОТ 51/4	2,8	127/220	17,1/10,0	1 450	86,0	0,86	7,5	2,0	2,8	245/152	90/94	0,4	6 370	36	3
		220/380	10,0/5,8										6 400		
		500	4,4										6 390		
АОТ 52 4	4,5	127/220	27,0/15,6	1 455	87,5	0,87	7,0	2,0	2,8	245/152	140/144	0,4	6 010	36	3
		220/380	15,6/9,0										6 010		
		500	6,9										6 040		
АОТ 51 6	1,7	127/220	12,3/7,1	960	83,0	0,76	7,0	1,8	2,6	245/152	90/94	0,4	6 450	36	2
		220/380	7,1 4,1										6 550		
		500	3,1										6 500		
АОТ 52 6	2,8	127/220	19,2/11,1	960	85,0	0,78	7,0	1,8	2,6	245/152	140/144	0,4	6 130	36	2
		220/380	11,1 6,4										6 200		
		500	4,9										6 230		

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора—по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора 3. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца—алюминиевые.

двигателей единой серии типа АОТ 4-го габарита

тор Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	1,2/1,41	1	35	35	1—12	Δ/Y	3,53	143	0,46	1,52	3,06	36
		0,9/1,08	1	61	61	2—11	Δ/Y	3,62	143		4,7	3,0	
		0,77/0,95	1	80	80	3—10	Y	3,76	143		8,45	2,93	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	1,0/1,21	2	24	48	1—12	Δ/Y	3,95	152	0,54	0,834	3,18	36
		1,12/1,33	1	41	41	2—11	Δ/Y	3,66	151		2,55	3,03	
		0,96/1,14	1	54	54	3—10	Y	3,73	149		4,29	3,56	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	0,96/1,14	1	52	52	1—8 2—7	Δ/Y	3,87	149	0,39	2,99	2,47	42
		0,72/0,90	1	89	89		Δ/Y	3,93	146		9,15	2,42	
		0,62/0,79	1	117	117		Y	4,14	150		16,1	2,56	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	0,83/1,01	2	35	70	1—8 2—7	Δ/Y	4,15	161	0,47	1,63	3,02	42
		0,9/1,08	1	61	61		Δ/Y	4,08	162		4,81	3,09	
		0,77/0,95	1	80	80		Y	4,29	163		8,65	2,99	

в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм.

гателей единой серии типа АОТ 5-го габарита

тор Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{z_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}	Ротор z_2
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,12/1,33	3	22	66	1—12	Δ/Y	3,38	166	0,59	0,46	6,46	42
		1,0/1,21	2	38	76	2—11	Δ/Y	3,7	166		1,51	5,97	
		1,3/1,51	1	50	50	3—10	Y	3,32	166		2,33	6,54	
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,4/1,61	3	15	45	1—12	Δ/Y	3,38	176	0,69	0,238	8,0	42
		1,25/1,46	2	26	52	2—11	Δ/Y	3,67	176		0,77	7,4	
		1,08/1,29	2	34	68	3—10	Y	3,76	177		1,35	7,25	
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,16/1,37	2	31	62	1—8 2—7	Δ/Y	3,36	166	0,48	0,74	5,29	42
		1,25/1,46	1	53	53		Δ/Y	3,34	164		2,18	5,24	
		1,08/1,29	1	70	70		Y	3,38	161		3,84	5,2	
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,16/1,37	3	21	63	1—8 2—7	Δ/Y	3,5	176	0,58	0,30	6,5	42
		1,04/1,25	2	36	72		Δ/Y	3,58	174		1,29	6,0	
		0,93/1,11	2	47	94		Y	3,61	174		2,15	6,26	

в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм.

436—1

Основные обмоточно-расчетные данные электродви

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Ста $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АОТ 62/4	7,0	220/380 500	24,0/13,8 10,6	1 465	88,0	0,88	7,0	1,8	2,7	327/200	100/105	0,4	7 460 7 340	36	3
АОТ 63/4	10,0	220/380 500	33,2/19,2 14,6	1 465	89,0	0,89	7,5	1,7	2,5	327/200	135/140	0,4	6 970 6 970	36	3
АОТ 62/6	4,5	220/380 500	17,1/9,9 7,5	980	86,5	0,80	6,5	1,8	2,6	327/230	100/105	0,4	6 160 6 130	54	3
АОТ 63/6	7,0	220/380 500	25,8/14,9 11,4	980	88,0	0,81	6,5	1,7	2,6	327/230	135/140	0,4	6 350 6 250	54	3
АОТ 62/8	2,8	220/380 500	11,1/6,4 4,9	735	85,0	0,78	6,5	1,5	2,5	327/230	100/105	0,4	5 800 5 720	54	2¹/₄
АОТ 63/8	4,5	220/380 500	17,0/9,8 7,5	735	86,5	0,79	6,5	1,5	2,5	327/230	135/140	0,4	5 920 5 820	54	2¹/₄

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань и кольца—алюминиевые

Основные обмоточно-расчетные данные электродви

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Ста $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АОТ 72/4	14,0	220/380 500	46,7/27,0 20,5	1 470	89,5	0,88	7,5	1,7	2,7	368/230	135/140	0,5	7 170 7 170	36	3
АОТ 73/4	20,0	220/380 500	66,5/38,4 29,2	1 470	90,0	0,88	7,5	1,7	2,7	368/230	185/190	0,5	7 000 6 880	36	3
АОТ 72/6	10,0	220/380 500	35,8/20,7 15,7	975	88,5	0,83	6,5	1,7	2,6	368/260	135/140	0,45	6 600 6 630	54	3
АОТ 73/6	14,0	220/380 500	49,2/28,4 21,6	980	89,0	0,84	6,5	1,7	2,6	368/260	185/190	0,45	6 500 6 600	54	3
АОТ 72/8	7,0	220/380 500	26,2/15,1 11,5	735	88,0	0,80	6,0	1,5	2,5	368/260	135/140	0,45	6 610 6 600	54	2¹/₄
АОТ 73/8	10,0	220/380 500	37,2/21,5 16,3	735	88,5	0,80	6,0	1,5	2,5	368/260	185/190	0,45	6 550 6 680	54	2¹/₄

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора слоя пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 кольца—алюминиевые.

гателей единой серии типа АОТ 6-го габарита

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{S_1}, мм²	d/d'	m_1	w_{K_1}	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}	Ротор z_2
13,2; 8,6; 3,7 28,8; 1,0	296	1,5/1,71	2	12	48	1—8	—	Δ/λ	3,9	190	0,62	0,44	8,72	46
		1,3/1,51	2	16	64		—	λ	4,0	194		0,785	8,8	
13,2; 8,6; 3,7 28,8; 1,0	296	1,68/1,89	2	9 и 10	38	1—8	—	Δ/λ	4,32	209	0,69	0,311	9,6	46
		1,45/1,66	2	12 и 13	50		—	λ	4,41	209		0,55	9,45	
10,5; 7,4 3,2 30,0, 2,0	247	2,35/1,56	1	25	50	1—8	2	Δ/λ	3,46	185	0,55	0,76	9,85	58
		1,12/1,33	1	33	66		2	λ	3,8	185		1,448	9,0	
10,5; 7,4; 3,2 30,2; 2,0	247	1,08/1,29	2	18	72	1—8	2	Δ/λ	4,07	203	0,62	0,479	10,35	58
		1,35/1,56	2	12	48		—	λ	3,98	204		0,822	10,65	
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,12/1,33	1	33	66	1—7	2	Δ/λ	3,25	158	0,53	1,39	8,7	58
		1,47/1,61	1	22	44		—	λ	3,18	161		2,39	8,98	
10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	247	1,35/1,56	2	12	48	1—7	—	Δ/λ	3,42	176	0,6	0,796	10,7	58
		1,16/1,37	1	32	64		2	λ	3,55	179		1,43	10,62	

в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора

гателей единой серии типа АОТ 7-го габарита

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{S_1}, мм²	d/d'	m_1	w_{K_1}	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}	Ротор z_2
15,18; 10,3; 3,7 30,8; 1,0	370	1,45/1,66	2	16	64	1—8	2	Δ/λ	4,08	215	0,79	0,201	14,2	44
		1,25/1,46	2	21	84		2	λ	4,18	214		0,355	13,8	
15,18; 10,3; 3,7 30,8; 1,0	370	1,45/1,66	3	12	72	1—8	2	Δ/λ	3,87	230	0,89	0,113	18,0	44
		1,25/1,46	3	16	96		2	λ	3,97	233		0,207	17,8	
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,45/1,66	1	23	46	1—8	3	Δ/λ	4,17	210	0,69	0,339	13,3	44
		1,25/1,46	1	30	60		3	λ	4,27	208		0,591	12,9	
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,74/1,95	1	17	34	1—8	3	Δ/λ	3,98	212	0,79	0,208	16,0	44
		1,5/1,71	1	22	44		3	λ	4,08	209		0,343	15,5	
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,62/1,83	1	19	38	1—7	2	Δ/λ	3,66	189	0,64	0,467	12,7	58
		1,4/1,61	1	25	50		2	λ	3,74	190		0,82	12,5	
11,9; 8,7; 3,7 29,8; 1,0	291	1,35/1,56	2	14	56	1—7	2	Δ/λ	3,76	198	0,74	0,286	14,4	58
		1,68 1,89	1	18	36		2	Y	3,67	194		0,473	15,0	

и заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора в толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АК 5-го габарита

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U_1, в	I_1, а	n, об/мин	η_1	cos φ	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1	Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	$A_1 \cdot B_1$
АК 51/4	2,8	127/220 220/380 500	20,0/11,5 11,5/6,7 5,1	1 370	78,0	0,82	2,2	245 152	69 94	0,4	6 230 6 520 6 800	36	4	10,5; 7,4; 3,2 24,5; 0,5	296,5	1,1/1,33 1,21/1,21 0,92/1,04	2	33	102	1—10	Δ	5,4	190
АК 52/4	4,5	127/220 220/380 500	31,0/17,8 17,8/10,3 7,8	1 375	80,0	0,83	2,2	245 152	140 144	0,4	6 020 6 320 6 620	36	4	10,5; 7,4; 3,2 23,75; 0,5	296,5	1,2/1,41 1,3/1,51 1,5/1,71	2	33	102	1—12 1—11 1—10	Δ Δ Δ	5,5 5,65 5,8	301 310 320
АК 51/6	1,7	127/220 220/380 500	14,8/8,5 8,5/5,0 3,8	905	72,5	0,72	2,0	245 152	69 94	0,4	6 400 6 350 6 300	36	2	10,5; 7,4; 3,2 24,75; 0,5	296,5	1,12/1,33 1,2/1,41 1,3/1,51	2 1	33 16	102 51	1—6 2—7	Δ Y	5,82 5,65	307 311
АК 52/6	2,8	127/220 220/380 500	22,8/13,0 13,0/7,6 5,8	921	75,5	0,73	2,1	245 152	140 144	0,4	6 250 6 470 6 690	36	2	10,5; 7,4; 3,2 24,75; 0,5	296,5	1,14/1,35 1,25/1,46 1,35/1,55	2 1	33 17	102 51	1—6 2—7	Δ/Y Y	5,1 5,45	289 292

Продолжение

Тип электродвигателя	$P_э$, квт	Статор: l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu_1}, кг	Ротор: U_2, в	I_2, а	$\frac{D_{a_2}}{D_{i_2}}$	z_2	q_2	Размеры паза* $\frac{b}{h;\ h';\ l}$, мм	$\frac{a \times b}{A \times B}$	m_2	$w_{к2}$	$n_{э2}$	y_2	Сопряжение фаз	Δ_2, а/мм²	l_{m2}, м	r_2, ом	G_{Cu2}, кг
АК 51/4	2,8	0,59	0,9 1,54 2,74	6,15 6,14 5,94	84	22,5	151,2 48	54	4½	3,3 20,0; 17,0; 0,5	1,81×2,1 2,06×2,37	1	3	5	1—14	Y	5,29	0,34	0,044	3,84
АК 52/4	4,5	0,59	0,211 0,71 1,54	7,85 8,0 7,25	131	22,0	151,2 48	54	4½	3,3 20,0; 17,0; 0,5	1,81×2,1 2,06×2,37	1	3	5	1—14	Y	5,18	0,34	0,041	3,46
АК 51/6	1,7	0,78	0,82 2,5 4,1	5,1 5,11 5,11	87	20,2	151,2 48	54	3	3,3 20,0; 17,0; 0,5	1,81×2,1 2,06×2,37	1	3	6	1—10	Y	5,63	0,48	0,073	2,64
АК 52/6	2,8	0,58	0,40 1,29 2,13	6,5 6,0 6,26	91	21,2	151,2 48	54	3	3,3 20,0; 17,0; 0,5	1,81×2,1 2,06×2,37	1	3	5	1—10	Y	5,3	0,51	0,100	3,04

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора—по форме № 7.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО, обмотка ротора—проводом ПБД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм. 3. Обмотка ротора двухслойная. 4. Изоляция паза ротора в заводском исполнении: два слоя пленкокартона по 0,2 мм. 5. Междуслойная прокладка ротора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ 0,5 мм.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АК 6-го габарита

Тип электродвигателя	$P_э$, квт	U_1, в	I_1, а	n, об/мин	η_1	cos φ	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1	Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	$A_1 \cdot B_1$
АК 60/4	7	220/380 500	27,0/15,5 12,0	1 375	82,0	0,81	2,2	327 200	55 69	0,4	9 680 9 680	36	3	13,2; 8,6; 3,7 23,8; 1,0	296	1,3/1,51 1,16/1,37	2 2	15 21	60 84	1—9	—	Δ/Y Y	5,4	281 209
АК 61/4	10	220/380 500	37,0/21,5 16,5	1 400	83,5	0,85	2,2	327 200	75 80	0,4	9 500 9 350	36	3	13,2; 8,6; 3,7 28,8; 1,0	296	1,4/1,71 1,3/1,51	2 2	12 16	48 64	1—9	— —	Δ/Y Y	5,21	288 213
АК 62/4	14	220/380 500	50,5/29,3 22,3	1 400	84,5	0,86	2,2	327 200	100 105	0,4	8 500 8 600	36	3	13,2; 8,6; 3,7 28,8; 1,0	296	1,25/1,48 1,56/1,77	2 1	20 26	80 52	1—9	2 2	Δ/Y Y	5,87 5,85	295 202
АК 60/6	4,5	220/380 500	19,8/11,5 8,7	925	78,5	0,76	1,8	327 230	55 60	0,4	7 890 8 000	54	3	10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	217	1,16/1,37 1,50/1,71	2 1	17 22	68 44	1—9	— —	Δ/Y Y	5,45 4,92	292 286
АК 61/6	7	220/380 500	29,2/16,8 12,8	910	81,0	0,78	2,0	327 230	75 80	0,4	8 500 8 590	54	3	10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	217	1,15/1,36 1,25/1,46	1 1	23 30	46 60	1—9	2 2	Δ/Y Y	5,66 5,21	290 268
АК 62/6	10	220/380 500	40,5/23,3 17,7	940	82,5	0,79	2,0	327 230	100 105	0,4	8 180 8 060	54	3	10,5; 7,4; 3,2 30,0; 2,0	217	1,62/1,83 1,4/1,61	2 2	9 12	36 48	1—9	— —	Δ/Y Y	5,65 5,23	313 317
АК 61/3	4,5	220/380 500	21,4/12,4 9,5	700	76,5	0,72	1,9	327 230	75 80	0,1	8 000 7 870	48	2	11,8; 8,2; 3,7 29,8; 1,0	240	1,2/1,41 1,45/1,66	2 1	18 24	72 48	1—6	— —	Δ/Y Y	5,17 5,75	297 304
АК 62/3	7	220/380 500	31,3/18,0 13,8	700	79,5	0,71	1,9	327 230	100 105	0,1	8 300 8 100	48	2	11,8; 8,2; 3,7 29,8; 1,0	289	1,50/1,71 1,25/1,46	1 1	26 35	52 70	1—6	2 2	Δ/Y Y	5,10 5,63	312 322

Продолжение

Тип электродвигателя	$P_э$, квт	Статор: l_{m1}, м	r_1, ом	G_{Cu_1}, кг	Ротор: U_2, в	I_2, а	$\frac{D_{a2}}{D_{i2}}$	z_2	q_2	Размеры паза $\frac{b}{h;\ h';\ l}$, мм	$\frac{a \times b}{A \times B}$	m_2	$w_{к2}$	$n_{э2}$	y_2	Сопряжение фаз	Δ_2, а/мм²	l_{m2}, м	r_2, ом	G_{Cu2}, кг
АК 60/4	7	0,6	0,703 1,325	9,16 8,92	150	32,0	199,2 60	48	4	3,7 35,5; 32,5; 0,5	2,1×2,63 2,1×2,96	1	5	10	1—13	Y	6,37	0,58	0,175	9,1
АК 61/4	10	0,64	0,454 0,81	9,0 9,1	217	32,0	199,2 60	48	4	3,7 35,5; 32,5; 0,5	2,1×2,63 2,13×2,96	1	5	10	1—13	Y	6,37	0,60	0,167	8,9
АК 62/4	14	0,69	0,295 0,491	11,35 11,38	230	36,5	199,2 60	48	4	3,7 35,5; 32,5; 0,5	2,1×2,64 2,43×2,99	1	5	10	1—13	Y	7,24	0,65	0,181	9,4
АК 60/6	4,5	0,56	1,42 2,16	10,1 10,85	117	26,0	229,2 60	60	5½	3,7 35,5; 32,5; 0,5	2,1×2,63 2,43×2,96	1	5	10	1—11	Y	5,16	0,53	0,184	7,5
АК 61/6	7	0,61	0,676 1,17	11,1 11,1	157	29,0	229,2 60	60	5½	3,7 35,5; 32,5; 0,5	2,1×2,63 2,43×2,96	1	5	10	1—11	Y	5,16	0,57	0,199	8,0
АК 62/6	10	0,68	0,468 0,745	11,31 11,3	227	30,0	229,2 60	60	5½	3,7 35,5; 32,5; 0,5	2,1×2,63 2,43×2,93	1	5	10	1—11	Y	5,95	0,62	0,216	8,7
АК 61/3	4,5	0,49	1,095 2,0	8,94 8,5	126	21,0	229,2 60	60	2½	3,7 35,5; 32,5; 0,5	2,1×2,63 2,43×2,96	1	3	10	1—6	Y	4,77	0,436	0,186	7,7
АК 62/3	7	0,51	0,552 1,08	10,98 10,4	168	28,0	229,2 60	60	2½	3,7 35,5; 32,5; 0,5	2,1×2,63 2,43×2,96	1	3	10	1—6	Y	4,95	0,536	0,201	8,3

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 7.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО, обмотка ротора—проводом ПБД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,2 мм. 3. Обмотка ротора двухслойная. Изоляция паза ротора в заводском исполнении: два слоя пленкокартона по 0,2 мм. 4. Междуслойная прокладка статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,1 мм. 5. Междуслойная прокладка ротора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,5 мм.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АК 7-го габарита

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U_1, в	I_1, а	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_1}$	$\frac{l_{\delta_1}}{l_{\delta_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	a	Размеры паза* b; b'; $\frac{l''}{l'}$, мм	$\gamma_{эм}$, мм	$q_{эм}$	$n_{эм}$	w_1	y_1	β	$k_{об}$	Ротор: $\frac{D_{a_2}}{D_2}$	$\frac{l_{\delta_2}}{l_{\delta_1}}$	δ, мм
АК 71-4	10	220/380	35,5/20,5	1440	85,5	0,88	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	72	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 72-4	14	220/380	48,5/28	1440	87,5	0,88	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	60	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 81-4	20	220/380	68,5/39,5	1440	88,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	46	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 82-4	28	220/380	94/54,5	1440	89,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	34	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 91-4	40	220/380	132/76,5	1440	90,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	24	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 92-4	55	220/380	180/104	1440	91,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	18	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 101-4	75	220/380	245/142	1440	92,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	14	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 102-4	100	220/380	325/188	1440	93,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	10	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 111-4	125	220/380	405/234	1440	94	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	8	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 112-4	160	220/380	520/300	1440	94,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	10,5; 13,5; 23,7	0,96	1	1	6	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4

Продолжение

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	Статор: $I_{ном}$, а	D_{a_1}, см	G_{Cu_1}, кг	$\frac{l_1}{\tau}$	$\frac{l_1}{a}$	$\frac{D_{a_2}}{D_{a_1}}$	z_2	a_2	Ротор: Размеры паза $\frac{b}{b_1}$; $\frac{h}{h_1}$, мм	$\frac{z_2}{2p} \pm \frac{1}{2}$	$\gamma_{эм}$, мм	$q_{эм}$	$n_{эм}$	$k_{об}$	D_{a_2}, см	$\frac{l_2}{\tau}$	$\frac{l_2}{a}$	G_{Cu_2}, кг
АК 71-4	10	21,7	13,5	1,75	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	13,3	1,01	0,4	1,63
АК 72-4	14	29,5	13,5	2,45	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	13,3	1,01	0,4	2,28

Продолжение

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	Статор: $I_{ном}$, а	D_{a_1}, см	G_{Cu_1}, кг	$\frac{l_1}{\tau}$	$\frac{l_1}{a}$	$\frac{D_{a_2}}{D_{a_1}}$	z_2	a_2	Ротор: Размеры паза $\frac{b}{b_1}$; $\frac{h}{h_1}$, мм	$\frac{z_2}{2p} \pm \frac{1}{2}$	$\gamma_{эм}$, мм	$q_{эм}$	$n_{эм}$	$k_{об}$	D_{a_2}, см	$\frac{l_2}{\tau}$	$\frac{l_2}{a}$	G_{Cu_2}, кг
АК 71-2	10	19,5	13,5	1,75	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	13,3	1,01	0,4	1,63
АК 72-2	14	26,5	13,5	2,45	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	13,3	1,01	0,4	2,28
АК 81-2	20	37,5	15,4	3,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	15,2	1,01	0,4	3,25
АК 82-2	28	50,5	15,4	4,9	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	15,2	1,01	0,4	4,55
АК 91-2	40	71	17,2	6,8	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	17	1,01	0,4	6,3
АК 92-2	55	96,5	17,2	9,3	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	17	1,01	0,4	8,6
АК 101-2	75	132	19,2	12,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	19	1,01	0,4	11,8
АК 102-2	100	175	19,2	16,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	19	1,01	0,4	15,6
АК 111-2	125	218	21,2	20,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	21	1,01	0,4	19,5
АК 112-2	160	280	21,2	25,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	21	1,01	0,4	24,5

Продолжение

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	Статор: $I_{ном}$, а	D_{a_1}, см	G_{Cu_1}, кг	$\frac{l_1}{\tau}$	$\frac{l_1}{a}$	$\frac{D_{a_2}}{D_{a_1}}$	z_2	a_2	Ротор: Размеры паза $\frac{b}{b_1}$; $\frac{h}{h_1}$, мм	$\frac{z_2}{2p} \pm \frac{1}{2}$	$\gamma_{эм}$, мм	$q_{эм}$	$n_{эм}$	$k_{об}$	D_{a_2}, см	$\frac{l_2}{\tau}$	$\frac{l_2}{a}$	G_{Cu_2}, кг
АК 71-6	7	0,27э	15,4																
		0,44	15,1													37,0			
АК 72-6	10	0,27э	15,4																
		0,44	15,1													37,0			

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 7.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО, обмотка ротора — проводом ПБД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 *мм*; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм* или два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. 3. Обмотка ротора двухслойная, изоляция паза ротора в заводском исполнении: два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. 4. Междуслойная прокладка статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*; лакоткань ЛХ-1 — 0,2 *мм*; электрокартон ЭВ — 0,2 *мм* или два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. 5. Междуслойная прокладка ротора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,5 *мм*.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АК 8-го габарита

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U_1, в	I_1, а	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_1}$	$\frac{l_{\delta_1}}{l_{\delta_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	a	Размеры паза* b; b'; b''; h; h'; h''; r, мм	$\gamma_{эм}$, мм	$q_{эм}$	$n_{эм}$	w_1	y_1	β	$k_{об}$	Ротор: $\frac{D_{a_2}}{D_2}$	$\frac{l_{\delta_2}}{l_{\delta_1}}$	δ, мм
АК 82-4	28	220/380	94/54,5	1440	89,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	34	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 91-4	40	220/380	132/76,5	1440	90,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	24	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 92-4	55	220/380	180/104	1440	91,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	18	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 101-4	75	220/380	245/142	1440	92,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	14	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 102-4	100	220/380	325/188	1440	93,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	10	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 111-4	125	220/380	405/234	1440	94	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	8	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 112-4	160	220/380	520/300	1440	94,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	6	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 113-4	200	220/380	650/375	1440	95	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	4	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 82-2	28	220/380	50,5/29	2880	89,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	34	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 91-2	40	220/380	71/41	2880	90,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	24	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 92-2	55	220/380	96,5/55,5	2880	91,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	18	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 101-2	75	220/380	132/76	2880	92,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	14	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 102-2	100	220/380	175/101	2880	93,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	10	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 111-2	125	220/380	218/126	2880	94	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	8	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 112-2	160	220/380	280/162	2880	94,5	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	6	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4
АК 113-2	200	220/380	350/202	2880	95	0,89	2,2	0,66	1,01	0,4	5000	36	1	12,5; 16,5; 28,5; 1,5; 1,5; 2,0; 0,5	0,96	1	1	4	1—9	1	0,955	0,65	1,01	0,4

Продолжение

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	Статор: $I_{ном}$, а	D_{a_1}, см	G_{Cu_1}, кг	$\frac{l_1}{\tau}$	$\frac{l_1}{a}$	$\frac{D_{a_2}}{D_{a_1}}$	z_2	a_2	Ротор: Размеры паза $\frac{b}{b_1}$; $\frac{h}{h_1}$, мм	$\frac{z_2}{2p} \pm \frac{1}{2}$	$\gamma_{эм}$, мм	$q_{эм}$	$n_{эм}$	$k_{об}$	D_{a_2}, см	$\frac{l_2}{\tau}$	$\frac{l_2}{a}$	G_{Cu_2}, кг
АК 82-6	20	37,5	15,4	3,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	15,2	1,01	0,4	3,25
АК 91-6	28	50,5	17,2	4,9	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	17	1,01	0,4	4,55
АК 92-6	40	71	17,2	6,8	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	17	1,01	0,4	6,3
АК 101-6	55	96,5	19,2	9,3	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	19	1,01	0,4	8,6
АК 102-6	75	132	19,2	12,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	19	1,01	0,4	11,8
АК 111-6	100	175	21,2	16,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	21	1,01	0,4	15,6
АК 112-6	125	218	21,2	20,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	21	1,01	0,4	19,5
АК 113-6	160	280	21,2	25,5	1,01	0,4	0,65	36	4	3,5; 5,5; 1,5; 10,5	1	0,9	1	1	0,955	21	1,01	0,4	24,5

Продолжение

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	Статор: $I_{ном}$, а	D_{a_1}, см	G_{Cu_1}, кг	$\frac{l_1}{\tau}$	$\frac{l_1}{a}$	$\frac{D_{a_2}}{D_{a_1}}$	z_2	a_2	Ротор: Размеры паза $\frac{b}{b_1}$; $\frac{h}{h_1}$, мм	$\frac{z_2}{2p} \pm \frac{1}{2}$	$\gamma_{эм}$, мм	$q_{эм}$	$n_{эм}$	$k_{об}$	D_{a_2}, см	$\frac{l_2}{\tau}$	$\frac{l_2}{a}$	G_{Cu_2}, кг
АК 82-8	14	37,5/21,5	137,79,5																
			60,3																
АК 91-8	20	50,5/29	186,105																
АК 92-8	28	71/41																	
АК 101-8	40	96,5/55,5																	
АК 102-8	55	132/76		710	186,0	10,80													

Продолжение

Тип электродвигателя	P_2, квт	Статор: l_{m_1}, м	Статор: r_1, ом	Статор: G_{Cu_1}, кг	Ротор: U_2, в	I_2, а	D_{a_2}/D_{i_2}	z_2	q_2	Размеры паза* $\frac{b}{h;\ h';\ l}$, мм	$\frac{a \times b}{A \times B}$	m_2	ω_{K_2}	n_2	y_2	a_2	Δ_2, а/мм²	l_{m_2}, м	r_2, ом	G_{Cu_2}, кг
АК 81/4	40	0,93	0,0762 / 0,121	28,4 / 29,5	330	71,0	263,8 / 85	60	5	4,6 / 37,5; 32,8; 1,0	2,1×2,44 / 2,43×2,77	2	4	12	1—16	7,[illegible]	0,92	0,101	14,[illegible]
АК 82/4	55	1,08	0,0426 / 0,0725	31,0 / 31,9	480	72,0	263,8 / 85	60	[illegible]	4,6 / 37,5; 34,8; 1,0	2,1×2,44 / 2,43×2,77	2	3	12	1—16	7,76	1,32	0,117	16,44
АК 81/6	28	0,9	0,132 / 0,226	27,9 / 27,2	276	67,0	298,9 / 85	54	3	5,6 / 37,5; 44,3; 1,0	2,1×3,53 / 2,43×3,85	2	4	16	1—19	4,81	[illegible]	[illegible]	21,36
АК 82/6	40	1,0	0,0746 / 0,124	30,8 / 30,8	390	65,0	298,9 / 85	54	3	5,6 / 47,5; 44,3; 1,0	2,1×3,53 / 2,43×3,85	2	4	16	1—[illegible]	4,7	0,[illegible]	[illegible]	[illegible]
АК 81/8	20	0,77	0,192 / 0,344	24,2 / 24,2	230	57,0	298,9 / 85	50	2½	4,6 / 44,0; 40,8; 1,0	1,95×2,44 / 2,22×2,71	2	4	16	1—[illegible]	6,26	0,74	0,114	15,72
АК 82/8	28	0,87	0,112 / 0,192	27,6 / 27,3	323	56,0	298,9 / 85	[illegible]	2½	4,6 / 44,0; 40,8; 1,0	1,95×2,44 / 2,22×2,71	2	4	16	1—[illegible]	6,15	0,[illegible]	0,130	[illegible]

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 7.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО, обмотка ротора — проводом ПБД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 *мм*; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм* или два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. 3. Обмотка ротора двухслойная. Изоляция паза ротора в заводском исполнении: 2 слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. Сопряжение фаз Д. 4. Междуслойная прокладка статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 *мм*; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм* или два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. 5. Междуслойная прокладка ротора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,5 *мм*.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии типа АК 9-го габарита

Тип электродвигателя	P_2, квт	U_1, в	I_1, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$M_{макс}/M_{ном}$	Статор: D_{a_1}/D_{i_1}	l_{t_1}/l_{t_2}	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1	Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	ω_{K_1}	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/см²	A, а/см
АК 91/4	75	220/380 / 500	247/143 / 110	1 460	90,0	0,88	2,6	493 / 315	160 / 165	1,0	8 620 / 8 620	60	5	13,4; 9,2; 3,7 / 43,0; 1,0	465	1,62/1,83 / 1,62/1,83	4 / 4	9 и 10 / 12 и 13	76 / 75	1—14	4 / 4	Δ Д / Д	[illegible] / [illegible]	412 / 417
АК 92/4	100	220/380 / 500	330/191 / 145	1 460	90,5	0,88	2,8	493 / 315	220 / 225	1,0	7 970 / 7 850	60	5	13,4; 9,2; 3,7 / 43,0; 1,0	465	1,56/1,77 / 1,62/1,83	5 / 4	7 и 8 / 10	75 / 80	1—14	4 / 4	Δ Д / Д	4,91 / 4,4	435 / 440

Продолжение

Тип электродвигателя	P_2, квт	U_1, в	I_1, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$M_{макс}/M_{ном}$	Статор: D_{a_1}/D_{i_1}	l_{t_1}/l_{t_2}	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1	Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	ω_{K_1}	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см
АК 91/6	55	220/380 / 500	196/113 / 86,5	970	88,5	0,83	2,1	493 / 350	160 / 165	0,6	8 300 / 8 150	72	4	11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,56/1,77 / 1,56/1,77	2 / 3	16 и 17 / 11	66 / 66	1—12	6 / 3	Δ Д / Д	4,92 / 5,02	407 / 416
АК 92/6	75	220/380 / 500	261/151 / 115	970	89,5	0,84	2,4	493 / 350	220 / 225	0,6	8 300 / 8 160	72	4	11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,81/2,02 / 1,56/1,77	2 / 2	12 / 16	48 / 64	1—12	6 / 6	Δ Д / Д	4,9 / 5,0	396 / 402
АК 91/8	40	220/380 / 500	148/85,7 / 65,3	720	87,5	0,81	1,9	493 / 350	160 / 165	0,6	8 250 / 8 200	72	5	11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,62/1,83 / 1,4/1,61	1 / 2	29 / 19	58 / 76	1—9	8 / 4	Δ Д / Д	5,2 / 5,3	407 / [illegible]
АК 92/8	55	220/380 / 500	194/115 / 87,7	720	88,5	0,82	1,9	493 / 350	220 / 225	0,6	8 300 / 8 150	72	5	11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,35/1,56 / 1,68/1,89	2 / 2	21 / 14	84 / 56	1—9	8 / 4	Δ Д / Д	5,02 / 4,94	[illegible] / 402

Продолжение

Тип электродвигателя	P_2, квт	Статор: l_{m_1}, м	Статор: r_1, ом	Статор: G_{Cu_1}, кг	Ротор: U_2, в	I_2, а	D_{a_2}/D_{i_2}	z_2	q_2	Размеры паза* $\frac{b}{h;\ h';\ l}$, мм	$\frac{a \times b}{A \times B}$	m_2	ω_{K_2}	n_2	y_2	a_2	Сопряжение фаз	Δ_2, а/мм²	l_{m_2}, м	r_2, ом	G_{Cu_2}, кг
АК 91/4	75	1,17	0,039 / 0,515	51,6 / 50,9	383	115,0	313 / 100	72	6	5,1 / 44,0; 40,5; 1,0	1,95×3,05 / 2,22×3,32	2	4	16	1—19	2	Д	5,0	1,1	0,0404	34,08
АК 92/4	100	1,29	0,022 / 0,034	52,1 / 59,9	520	117,0	313 / 100	72	6	5,1 / 44,0; 40,5; 1,0	1,95×3,05 / 2,22×3,32	2	4	16	1—19	2	Д	5,1	1,22	0,0448	37,8
АК 91/6	55	1,02	0,0512 / 0,091	43,4 / 44,0	380	88,0	348,8 / 100	[illegible]	5	5,1 / 44,0; 40,5; 1,0	1,95×3,05 / 2,22×3,32	2	4	16	1—16	—	Δ	4,43	1,005	0,185	39,24
АК 92/6	75	1,11	0,0311 / [illegible]	47,4 / 57,0	538	88,0	348,8 / 100	[illegible]	[illegible]	5,1 / [illegible]	1,95×3,05 / 2,22×3,32	2	4	16	1—16	—	Δ	4,43	1,125	0,257	43,71
АК 91/8	40	0,9	0,0835 / 0,147	35,1 / 35,9	270	92,0	348,8 / 100	24	3½	5,1 / 44,0; 40,5; 1,0	1,95×3,05 / 2,22×3,32	2	4	16	1—11	—	Δ	4,63	0,9	0,154	32,88
АК 92/8	55	1,02	0,049 / 0,084	41,5 / 42,7	376	92,0	348,8 / 100	24	3½	5,1 / 44,0; 40,5; 1,0	1,95×3,05 / 2,22×3,32	2	4	16	1—11	—	Δ	4,63	1,02	0,175	37,2

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 7.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО, обмотка ротора — проводом ПБД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 *мм*; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм* или два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. 3. Обмотка ротора двухслойная. Изоляция паза ротора в заводском исполнении: два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. 4. Междуслойная прокладка статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 *мм*; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм* или два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*. 5. Междуслойная прокладка ротора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,5 *мм*.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 3-го габарита двухскоростных 4/2 полюса

Тип электродвигателя		P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	τ_1	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 31-4/2	$2p=1$	0,45	220 380	2,6 1,5	1 420	68,0	0,68	5,0	1,8	2,5	145 89	64 66	0,25	7 900 7 900 -	24	2
	$2p=2$	0,6	220 380	2,9 1,7	2 840	65,0	0,85	5,5	2,0	2,5	145 89	64 66		5 900 5 920		4
АО 32-4/2	$2p=4$	0,75	220 380	3,5 2,0	1 420	73,0	0,77	5,5	1,7	2,3	145 89	100 102	0,25	6 850 6 810	24	2
	$2p=2$	1,0	220 380	4,2 2,4	2 850	71,0	0,88	5,5	1,7	2,3	145 89	100 102		5 100 5 100		4

Ротор	Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	c_{k_1}	n_{s_1}	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
	9,6; 7,0; 2,5 15,3; 0,5	112,3	0,53/0,70	1	62	124	1—8** 2—7	Δ/ΔΔ	6,79 7,64	160 160	0,374	15 51	1,19 1,08	22
			0,38/0,545	1	107	214			6,56 7,51	154 156	0,374	3,75 12,7	1,19 1,08	22
	9,6; 7,0; 2,5 15,3; 0,5	112,3	0,62/0,79	1	46	92	1—8** 2—7	Δ/ΔΔ	6,7 7,6	160 159	0,446	9,75 33,6	1,416 1,27	22
			0,44/0,605	1	80	160			6,95 7,89	166 165	0,446	2,43 8,4	1,416 1,27	22
			0,62/0,79	1	46	92								
			0,44/0,605	1	80	160								

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.
** Расчетный шаг 1—7.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,10 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,10 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 4-го габарита двухскоростных 4/2 полюса

Тип электродвигателя		P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	τ_1	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 41-4/2	$2p=4$	1,3	220	5,6	1 420	76	0,80	5,5	1,4	2,0	182 112	75 78	0,3	7 380 7 300 7 400	36	3
			380 500	3,2 2,4												
	$2p=2$	1,7	220 380 500	6,9 4,0 3,0	2 850	72	0,89	5,5	1,6	2,2				5 360 5 340 5 400		6
АО 42-4/2	$2p=4$	2,1	220 380 500	8,4 4,8 3,7	1 430	80,5	0,82	5,5	2,0	2,3	182 112	115 118	0,3	7 070 6 920 7 030	36	3
	$2p=2$	2,8	220 380 500	10,8 6,3 4,8	2 850	75,5	0,90	6,0	1,8	2,4				5 150 5 050 5 120		6

Ротор	Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	c_{k_1}	n_{s_1}	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
	8,4; 5,6; 3,0 19,5; 0,5	125,8	0,86/1,04	1	31	62	1—12** 2—11 3—10	Δ/ΔΔ	5,57 6,13 6,28	205 204 197	0,46	5,16 17,3 3,07	2,82 2,58 2,47	26
			0,62/0,79	1	54	108								
			0,53/0,70	1	70	140								
			0,86/1,04	1	31	62			5,93 6,63 6,79	218 220 215	0,46	1,29 4,33 7,68	2,82 2,58 2,47	
			0,62/0,79	1	54	108								
			0,53/0,70	1	70	140								
	8,4; 5,6; 3,0 19,5; 0,5	125,8	1,04/1,25	1	21	42	1—12** 2—11 3—10	Δ/ΔΔ	5,73 5,95 6,06	208 209 210	0,54	2,86 9,15 15,8	3,28 3,18 3,13	26
			0,77/0,95	1	37	74								
			0,67/0,84	1	48	96								
			1,04/1,25	1	21	42			6,37 6,75 6,8	232 238 236	0,54	0,715 2,3 3,91	3,28 3,18 3,13	
			0,77/0,95	1	37	74								
			0,67/0,84	1	48	96								

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2
** Расчетный шаг 1—10.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 4-го габарита двухскоростных 6/4 полюса

Статор

Тип электродвигателя		$P_{н}$, кВт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_{δ}, гс	z_1	q_1
АО 41-6 4 Постоянный момент вращения	$2p=6$	0,6	220	3,4	940	65,0	0,74	4,0	1,2	1,9	182/112	75/78	0,3	7 400	36	2
			380	2,0										7 420		
			500	1,5										7 420		
	$2p=4$	1,0	220	4,8	1 430	72,0	0,76	5,0	1,3	2,2				7 380		3
			380	2,8										7 340		
			500	2,1										7 340		
АО 42-6 4 Постоянный момент вращения	$2p=6$	1,0	220	5,1	950	71,0	0,73	4,5	1,2	1,9	182/112	115/118	0,3	6 850	36	2
			380	2,9										6 800		
			500	2,2										6 800		
	$2p=4$	1,7	220	7,7	1 440	76,0	0,76	5,5	1,3	2,4				7 460		3
			380	4,5										7 400		
			500	3,4										7 400		
АО 41-6 4 Постоянная мощность	$2p=6$	0,8	220	4,2	930	68,0	0,73	4,0	1,1	2,0	182/112	75/78	0,3	7 400	36	2
			380	2,4										7 420		
			500	1,8										7 420		
	$2p=4$		220	4,2	1 440	68,0	0,76	5,0	1,2	2,1				7 380		3
			380	2,4										7 340		
			500	1,8										7 340		
АО 42-6 4 Постоянная мощность	$2p=6$	1,3	220	6,3	940	73,0	0,75	5,0	1,1	2,0	182/112	115/118	0,3	6 850	36	2
			380	3,6										6 800		
			500	2,8										6 800		
	$2p=4$		220	6,2	1 450	73,0	0,76	5,5	1,2	2,3				7 460		3
			380	3,6										7 400		
			500	2,7										7 400		

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d_1	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
8,4; 5,6; 3,0	125,8	0,69/0,86	1	44	44	1—8	Λ/Λ	9,1	153	0,37	4,7	1,05	26
		0,49/0,655	1	76	76	2—7		10,6	155		16,1	0,936	
		0,41/0,575	1	100	100			11,38	153		30,0	0,87	
19,5; 0,5		0,86/1,04	1	31	31	1—12		8,25	152	0,44	2,52	1,256	
		0,62/0,79	1	54	54	2—11		9,26	155		8,4	1,236	
		0,53/0,70	1	71	71	3—10		9,5	152		15,2	1,20	
8,4; 5,6; 3,0	125,8	0,86/0,04	1	31	31	1—8	Λ/Λ	8,76	162	0,45	2,57	1,39	26
		0,62/0,79	1	54	54	2—7		9,6	160		8,6	1,27	
		0,51/0,68	1	71	71			10,8	160		16,8	1,14	
19,5; 0,5		1,08/1,29	1	20	20	1—12		8,4	157	0,52	1,21	1,63	
		0,8/0,98	1	35	35	2—11		8,95	161		3,86	1,56	
		0,69/0,86	1	46	46	3—10		9,1	160		8,85	1,53	
8,4; 5,6; 3,0	125,8	0,80/0,98	1	44	44	1—8	Λ/Λ	8,35	189	0,37	3,47	1,4	26
		0,57/0,74	1	76	76	2—7		9,4	186		11,8	1,25	
		0,49/0,655	1	100	100			9,55	184		21,1	1,22	
19,5; 0,5		0,72/0,90	1	31	31	1—12		10,3	133	0,44	3,6	0,955	
		0,53/0,70	1	54	54	2—11		10,85	132		11,6	0,915	
		0,44/0,605	1	71	71	3—10		10,86	130		22,0	0,84	
8,4; 5,6; 3,0	125,8	1,0/1,21	1	31	31	1—8	Λ/Λ	8,04	200	0,45	1,91	1,88	26
		0,72/0,90	1	54	54	2—7		8,85	198		6,3	1,70	
		0,62/0,79	1	71	71			9,28	203		11,35	1,66	
19,5; 0,5		0,86/1,04	1	20	20	1—12		10,65	126	0,52	1,92	1,04	
		0,64/0,81	1	35	35	2—11		11,18	129		6,05	1,01	
		0,53/0,70	1	46	46	3—10		12,2	127		11,6	0,925	

* Паз статора выполняется по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО4-го габарита многоскоростных 8/4 и 6/4/2 полюса

Тип электродвигателя		P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	Статор q_1
АО41-8/4	$2p=8$	0,3	380	1,11	675	61,5	0,67	3,0	1,1	1,7	182/112	75/78	0,3	5 650 / 4 140	36	1½ / 3
	$2p=4$	0,5	380	1,21	1 340	69,5	0,9	3,5	1,4	1,7						
АО42-8/4	$2p=8$	0,6	380	2,02	665	66,5	0,68	3,0	1,1	1,7	182/112	115/118	0,3	5 880 / 4 320	36	1½ / 3
	$2p=4$	1,0	380	2,27	1 340	74,0	0,9	3,5	1,4	1,8						
АО41-6/4/2	1-я обмотка	$2p=6$	0,6	220	3,5	940	65,0	0,70	3,5	1,2	2,0				7 420		2
				380	2,0										7 440		
				500	1,5										7 440		
		$2p=4$	0,75	220	3,8	1 440	68,0	0,77	4,5	1,1	2,2	182/112	75/78	0,3	7 150 / 7 200 / 7 230	36	3
				380	2,2												
				500	1,6												
	2-я обмотка	$2p=2$	1,0	220	4,7	2 880	64,0	0,88	4,5	1,1	2,2				5 180 / 5 240 / 5 260		6
				380	2,7												
				500	2,05												
АО42-6/4/2	1-я обмотка	$2p=6$	1,0	220	5,3	950	71,0	0,70	4,0	1,4	2,0				6 890 / 6 850 / 6 850		2
				380	3,1												
				500	2,3												
	2-я обмотка	$2p=4$	1,3	220	6,0	1 450	73,0	0,78	5,0	1,3	2,4	182/112	115/118	0,3	7 080 / 6 950 / 6 900	36	3
				380	3,5												
				500	2,6												
		$2p=2$	1,7	220	7,3	2 880	69,0	0,88	5,5	1,1	2,4				5 370 / 5 070 / 5 020		6
				380	4,3												
				500	3,2												

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	J_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{C_1}, кг	Ротор z_2
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	0,38 0,545	1	125	250	1—6	Δ ΔΔ	5,65 / 5,33	164 / 155	0,37	86,2 / 21,6	1,9	25
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	0,51 0,68	1	78	156	1—6	Δ ΔΔ	5,72 / 5,55	187 / 181	0,45	36,2 / 9,05	2,5	26
		0,69 0,86	1	44	44	1—8		9,35	157		4,7	1,05	
		0,49 0,655	1	76	76			10,6	155	0,37	16,1	0,91	
		0,41 0,575	1	100	100	2—7	Λ	11,55	153		30	0,87	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	0,57 0,74	1	32	64			8,63	144		12,3	1,31	
		0,41 0,575	1	55	110			9,63	113		41	1,19	25
		0,33 0,49	1	72	144	1—12** 2—11 3—10	Δ ΔΔ	10,8	136	0,46	82,5	1,03	
		0,57 0,74	1	32	64			9,2	151		3,08	1,31	
		0,41 0,575	1	55	110			10,2	152		10,2	1,19	
		0,33 0,49	1	72	144			12,0	152		20,6	1,03	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	0,86 1,04	1	31	31			9,11	168		2,56	0,93	
		0,62 0,79	1	54	54	1—8 2—7	Λ	10,25	171	0,45	8,6	0,845	
		0,51 0,68	1	71	71			11,25	167		16,8	0,76	
		0,69 0,86	1	21	42			9,27	149		6,45	1,46	
8,4; 5,6; 3,0 / 19,5; 0,5	125,8	0,49 0,655	1	37	74			10,7	153		22,8	1,32	26
		0,41 0,575	1	49	98	1—12** 2—11 3—10	Δ ΔΔ	11,38	150	0,54	43	1,25	
		0,69 0,86	1	21	42			9,75	157		1,61	1,15	
		0,49 0,655	1	37	74			11,1	163		5,7	1,32	
		0,41 0,575	1	49	98			12,1	160		10,7	1,25	

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,1 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 5-го габарита двухскоростных 4/2 полюса

Тип электродвигателя		P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	τ_1	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 51-4/2	$2p=4$	3,2	[illegible]	12,2	1 450	83,0	0,83	[illegible]	2,0	2,7	245/152	90/94	0,4	[illegible]	36	3
			380	7,1										7 340		
			[illegible]	[illegible]										[illegible]		
	$2p=2$	[illegible]	220	15,7	[illegible]	[illegible]	0,91	6,5	1,8	2,6				[illegible]		6
			380	[illegible]										5 350		
			500	6,9										5 270		
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1 450	85,0	0,84	8,0	2,0	2,8	245/152	140/144	0,4	6 940	36	3
			380	11,0										7 080		
			[illegible]	[illegible]										7 080		
	$2p=2$	7,[illegible]	[illegible]	[illegible]	2 880	78,5	0,91	7,0	1,8	2,8				5 060		6
			[illegible]	14,9										5 160		
			500	11,3										5 150		

Статор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,0/1,21	2	19	76	1—12** 2—11 3—10	Δ/ДД	4,5	203	0,6	1,56	6,1	26
		1,08/1,29	1	33	66			4,47	204		4,6	6,14	
		0,93/1,11	1	44	88			4,6	207		8,35	6,07	
		1,0/1,21	2	19	76			5,0	225		0,39	6,1	
		1,08/1,29	1	33	66			4,97	227		1,15	6,14	
		0,93/1,11	1	44	88			5,08	229		2,1	6,07	
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,25/1,46	2	13	52	1—12** 2—11 3—10	Δ/ДД	4,48	216	0,7	0,8	7,52	26
		1,35/1,56	1	22	44			4,43	211		2,32	7,4	
		1,16/1,37	1	29	58			4,6	212		4,1	7,24	
		1,25/1,46	2	13	52			5,25	252		0,2	7,52	
		1,35/1,56	1	22	44			5,20	247		0,58	7,4	
		1,16/1,37	1	29	58			5,35	247		1,02	7,24	

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.

** Расчетный шаг равен 1—10.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 5-го габарита двухскоростных 6/4 полюса

Тип электродвигателя		P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	τ_1	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 51-6/4 Постоянный момент вращения	$2p=6$	1,7	220	8,2	960	75,0	0,73	5,5	1,4	2,3	245/152	90/94	0,4	7 150	36	2
			380	4,7										7 220		
			500	3,6										7 220		
	$2p=4$	2,8	220	11,5	1 450	79,0	0,81	6,0	1,3	2,6				7 020		3
			380	6,6										7 150		
			500	5,1										7 100		
АО 52-6/4 Постоянный момент вращения	$2p=6$	2,8	220	13,0	970	77,5	0,73	5,5	1,4	2,3		140/144	0,4	6 750	36	2
			380	7,5										6 950		
			500	5,7										6 950		
	$2p=4$	4,5	220	17,9	1 460	81,5	0,[illegible]1	7,0	1,3	2,8				6 950		3
			380	10,3										7 100		
			500	7,9										7 070		
	$2p=6$	2,1	220	9,5	950	77,0	0,76	5,5	1,1	2,2	245/152	90/94	0,4	7 150	36	2
			380	5,5										7 220		
			500	3,2										7 220		
	$2p=4$		220	9,3	1 460	77,0	0,77	6,0	1,3	2,5				7 020		3
			380	5,4										7 150		
			500	4,1										7 100		
	$2p=6$	3,2	220	13,6	960	80,0	0,77	5,5	1,3	2,4		140/144	0,4	6 750	36	2
			380	7,9										6 950		
			500	6,0										6 950		
	$2p=4$		220	13,4	1 [illegible]70	[illegible]	0,78	7,0	1,3	2,7				6 950		3
			380	[illegible]										7 100		
			500	[illegible]										7 070		

Статор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r_1, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,16/1,37	1	28	28	1—8 2—7	Δ	7,75	173	0,47	1,33	2,33	26
		0,86/1,04	1	48	48			8,08	170		4,15	2,25	
		0,72/0,99	1	63	63			8,85	171		7,8	2,08	
		1,0/1,21	2	20	40	1—12 2—11 3—10	Δ	7,32	173	0,58	0,79	3,1	
		1,12/1,33	1	34	34			6,7	169		2,14	3,28	
		0,96/1,14	1	45	45			7,05	173		3,8	3,2	
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	0,96/1,14	2	19	34	1—8 2—7	Δ	8,98	185	0,57	0,[illegible]	2,67	26
		1,08/1,29	1	32	32			8,18	181		2,14	2,85	
		0,93/1,11	1	42	42			8,1	180		3,3	2,77	
		1,30/1,51	2	13	26	1—12 2—11 3—10	Δ	6,75	175	0,68	0,35	3,9[illegible]	
		0,96/1,14	2	22	44			7,11	171		1,11	3,67	
		1,20/1,41	1	29	29			6,98	173		1,86	3,77	
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,35/1,56	1	28	28	1—8 2—7	Δ	6,63	200	0,47	0,935	3,21	26
		1,0/1,21	1	48	48			7,0	199		3,1	3,[illegible]	
		0,86/1,04	1	63	63			7,23	200		5,5	2,[illegible]	
		1,20/1,41	1	20	20	1—12 2—11 3—10	Δ	8,2	140	0,58	1,10	2,23	
		0,93/1,11	1	34	34			7,95	138		3,12	2,28	
		0,80/0,98	1	45	45			8,15	139		5,55	2,24	
10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,12/1,33	2	19	38	1—8 2—7	Δ	6,9	195	0,57	0,59	3,6[illegible]	26
		1,25/1,46	1	32	32			6,45	191		1,59	3,707	
		1,08/1,29	1	42	42			6,55	190		2,8	3,73	
		1,08/1,29	2	13	26	1—12 2—11 3—10	Δ	7,3	131	0,68	0,52	2,754	
		1,16/1,37	1	22	22			7,39	129		1,51	2,682	
		1,0/1,21	1	29	29			7,51	129		2,7	2,64	

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей еди

ной серии АО 5-го габарита, многоскоростных 8/4 и 6/4/2 полюса

Тип электродвигателя		P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 51-8/4	$2p=8$	1,1	380	3,42	680	72,0	0,68	3,5	1,1	1,7	245/152	90/94	0,4	6 280	36	1 1/2
	$2p=4$	1,7	380	3,76	1 360	76,0	0,9	4,5	1,4	1,9				4 580		3
АО 52-8/4	$2p=8$	2,0	380	5,87	670	74,0	0,7	3,5	1,1	1,7	245/152	140/144	0,4	6 200	36	1 1/2
	$2p=4$	3,0	380	6,35	1 360	79,7	0,9	4,5	1,4	1,9				4 540		3
АО 51-6/4,2	1-я об-мотка $2p=6$	1,7	220	8,5	960	75,0	0,70	5,0	1,4	2,5	245/152	90/94	0,5	7 000	36	2
			380	4,9										7 050		
			500	3,7										7 080		
	2-я об-мотка $2p=4$	2,1	220	8,8	1 460	78,0	0,80	6,0	1,3	2,6				6 920		3
			380	5,1										7 050		
			500	3,9										7 000		
	$2p=2$	2,8	220	11,6	2 900	71,0	0,89	6,0	1,5	2,6				5 070		6
			380	6,7										5 190		
			500	5,1										5 150		
АО 52-6/4,2	1-я об-мотка $2p=6$	2,8	220	13,3	970	79,0	0,70	5,0	1,6	2,5	245/152	140/144	0,5	7 000	36	2
			380	7,7										7 030		
			500	5,9										7 000		
	2-я об-мотка $2p=4$	3,5	220	13,7	1 470	82,0	0,82	6,0	1,3	2,6				6 400		3
			380	7,9										6 450		
			500	6,0										6 550		
	$2p=2$	4,5	220	17,8	2 900	73,0	0,91	6,5	1,5	2,6				4 680		6
			380	10,3										4 730		
			500	7,8										4 800		

* Паз статора выполнен по форме № 1, паз ротора — по форме № 2

** Расчетный шаг равен 1—10.

Примечания: 1. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в завод
3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электро

Ротор	Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{S_2}, мм²	d/d'	m_1	w_{K_1}	$n_{Э_1}$	Тип обмотки	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{ml}, см	r, ом	G_{Cu}, кг
z_2														
26	10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	0,74/0,92	1	69	138	Двухслойная	1—6	Δ/ΔΔ	4,6 / 4,37	206 / 196	0,46	15,5 / 3,88	4,66
26	10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	0,96/1,14	1	45	90	То же	1—6	Δ/ΔΔ	4,7 / 4,38	230 / 216	0,56	7,35 / 1,84	6,2
26	10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,12/1,33	1	28	28	Однослойная	1—8 2—7	Λ	8,62	180	0,47	1,43	2,22
			0,83/1,01	1	48	48				9,05	177		4,45	2,1
			0,72/0,90	1	63	63				9,08	176		7,8	2,08
			1,0/1,21	1	20	40	Двухслойная	1—12** 2—11 3—10	Δ/ΔΔ	6,48	154	0,6	3,28	3,24
			0,74/0,92	1	34	68				6,85	152		10,2	3,01
			0,62/0,79	1	45	90				7,46	153		19,1	2,82
			1,0/1,21	1	20	40				7,39	175		0,82	3,24
			0,74 0,92	1	34	68				7,8	172		2,55	3,01
			0,62/0,79	1	45	90				8,45	173		4,8	2,82
			1,0/1,21	2	18	36	Однослойная	1—8 2—7	Λ	8,47	181	0,57	0,7	2,76
			1,08/1,29	1	31	31				8,4	180		2,06	2,77
			0,93/1,11	1	41	41				8,7	182		3,8	2,71
26	10,8; 7,4; 3,2 / 24,75; 0,75	206,5	1,3/1,51	1	14	28	Двухслойная	1—12** 2—11 3—10	Δ/ΔΔ	5,96	167	0,7	1,86	3,78
			0,90/1,08	1	24	48				7,16	165		5,68	3,65
			0,77/0,95	1	31	62				7,43	162		10	3,46
			1,3/1,51	1	14	28				6,7	188		0,47	3,78
			0,90/1,08	1	24	48				8,09	186		1,42	3,65
			0,77 0,95	1	31	62				8,36	182		2,5	3,46

ском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,15 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм
картон ЭВ толщиной 0,2 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные объектомно-расчетные данные дисперсионных тел

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей еди

ной серии А и АО 6-го габарита двухскоростных 8/4 полюса

Стал

тор

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n_1, об/мин	η_1	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	$\frac{B_\delta}{cc}$	z_1	q_1
А 61-8/4	$2p=8$	3,5	220	14,0	720	81,5	0,79	5,5	1,2	2,1	$\frac{327}{230}$	$\frac{75}{80}$	0,4	7 700 7 660 7 730	54	$2\frac{1}{4}$
			380	8,0												
			500	6,2												
	$2p=4$	5,0	220	17,0	1 440	81,0	0,92	6,0	1,2	2,1				5 500 5 490 5 520		$4\frac{1}{2}$
			380	9,8												
			500	7,5												
А 62-8/4	$2p=8$	5,0	220	20,0	720	83,0	0,76	5,5	1,2	2,1	$\frac{327}{230}$	$\frac{100}{105}$	0,4	7 820 7 580 7 550	54	$2\frac{1}{4}$
			380	11,6												
			500	8,7												
	$2p=4$	7,0	220	23,5	1 450	85,0	0,9	6,0	1,2	2,1				5 600 5 430 5 400		$4\frac{1}{2}$
			380	13,6												
			500	10,3												
АО 62-8/4	$2p=8$	3,5	220	14,0	720	82,0	0,77	6,0	1,6	2,4	$\frac{327}{230}$	$\frac{100}{105}$	0,4	6 830 7 000 7 100	54	$2\frac{1}{4}$
			380	8,1												
			500	6,2												
	$2p=4$	5,0	220	17,0	1 450	82,0	0,93	7,5	1,4	2,6				4 900 5 020 5 100		$4\frac{1}{2}$
			380	9,8												
			500	7,5												
АО 63-8/4	$2p=8$	5,0	220	19,8	720	84,0	0,79	6,5	1,6	2,4	$\frac{327}{230}$	$\frac{135}{140}$	0,4	6 780 7 010 7 100	54	$2\frac{1}{4}$
			380	11,5												
			500	8,7												
	$2p=4$	7,0	220	24,0	1 450	84,0	0,93	7,5	1,4	2,6				4 840 5 020 5 080		$4\frac{1}{2}$
			380	13,6												
			500	10,5												

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$\omega_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	г. оч	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,5; 7,4; 3,2 30; 2,0	247	1,56/1,77	1	19	38	1—8	Δ/ΔΔ	4,24	230	0,5	1,52	9,12	44
		1,16/1,37	1	33	66			4,38	228		4,92	8,83	
		1,00/1,21	1	43	86			4,56	230		8,65	8,61	
		1,56/1,77	1	19	38			4,45	241		0,381	9,12	
		1,16/1,37	1	33	66			4,64	242		1,23	8,83	
		1,00/1,21	1	43	86			4,78	240		2,16	8,61	
10,5; 7,4; 3,2 30; 2,0	247	1,88/2,09	1	14	28	1—8	Δ ΔΔ	4,16	242	0,55	0,875	10,73	44
		1,35/1,56	1	25	50			4,68	250		3,04	9,93	
		1,12/1,33	1	33	66			5,1	248		5,78	9,06	
		1,88/2,09	1	14	28			4,22	246		0,218	10,73	
		1,35/1,56	1	25	50			4,75	254		0,76	9,93	
		1,12/1,33	1	33	66			5,23	254		1,44	9,06	
10,5; 7,4; 3,2 30; 2,0	247	1,68/1,99	1	16	32	1—8	Δ ΔΔ	3,64	194	0,55	1,25	10,1	44
		1,30/1,59	1	27	54			3,53	189		3,53	10,31	
		1,08/1,37	1	35	70			3,91	187		6,64	9,37	
		1,68/1,99	1	16	32			3,83	203		0,314	10,1	
		1,30/1,59	1	27	54			3,7	198		0,88	10,31	
		1,08/1,37	1	35	70			4,1	196		1,66	9,37	
10,5; 7,4; 3,2 30; 2,0	247	1,35/1,64	2	12	48	1—8	Δ ΔΔ	4,0	205	0,62	0,82	11,25	44
		1,50/1,80	1	20	40			3,77	199		2,22	11,36	
		1,30/1,59	1	26	52			3,8	195		3,84	11,14	
		1,35/1,64	2	12	48			4,19	215		0,205	11,25	
		1,50/1,80	1	20	40			3,85	203		0,555	11,36	
		1,30/1,59	1	26	52			3,96	204		0,960	11,14	

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у двигателей А проводом ПЭЛБО, у двигателей АО проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А и АО 6-го габарита двухскоростных 12/6 полюсов

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 61-12/6	$2p=12$	2,0	220	12,0	470	71,0	0,62	4,0	1,1	1,7	$\frac{327}{230}$	$\frac{75}{80}$	0,4	7 690	54	$1\frac{1}{2}$
			380	6,9										7 650		
			500	5,3										7 700		
	$2p=6$	3,5	220	12,9	950	81,0	0,88	5,0	1,1	1,8				5 600		3
			380	7,5										5 600		
			500	5,7										5 620		
А 62-12/6	$2p=12$	3,0	220	17,2	470	74,0	0,62	4,0	1,1	1,7	$\frac{327}{230}$	$\frac{100}{105}$	0,4	7 490	54	$1\frac{1}{2}$
			380	10,0										7 600		
			500	7,5										7 580		
	$2p=6$	5,0	220	17,4	950	82,5	0,88	5,0	1,1	1,8				5 450		3
			380	10,5										5 560		
			500	8,0										5 520		
АО 62-12/6	$2p=12$	2,0	220	11,2	470	73,0	0,62	4,0	1,1	2,0	$\frac{327}{230}$	$\frac{100}{105}$	0,4	6 520	54	$1\frac{1}{2}$
			380	6,5										6 640		
			500	5,0										6 680		
	$2p=6$	3,5	220	12,9	950	81,0	0,88	5,5	1,1	2,1				4 750		3
			380	7,5										4 850		
			500	5,7										4 880		
АО 63-12/6	$2p=12$	3,0	220	16,2	470	76,0	0,63	4,0	1,3	2,0	$\frac{327}{230}$	$\frac{135}{140}$	0,4	6 520	54	$1\frac{1}{2}$
			380	9,4										6 600		
			500	7,1										6 650		
	$2p=6$	5,0	220	18,0	950	82,5	0,88	5,5	1,1	2,1				4 750		3
			380	10,5										4 820		
			500	8,0										4 840		

Статор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{S_1}, мм²	d/d'	m_1	$\omega_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	$l_{ср_1}$, м	r, ом	G_{Cu}, кг
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,30/1,51	1	26	52	1—6	Δ/ΔΔ	5,23	270	0,43	2,65	7,55
		0,96/1,14	1	45	90			5,5	269		8,45	7,12
		0,86/1,04	1	59	118			5,27	270		13,8	7,55
		1,30/1,51	1	26	52			4,86	250		0,662	7,55
		0,96/1,14	1	45	90			5,19	252		2,11	7,12
		0,86/1,04	1	59	118			4,9	251		3,45	7,55
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,56/1,77	1	20	40	1—6	Δ/ΔΔ	5,2	298	0,48	1,59	9,3
		1,16/1,37	1	34	68			5,47	294		4,86	8,75
		1,0/1,21	1	45	90			5,51	292		8,7	8,65
		1,56/1,77	1	20	40			4,55	260		0,398	9,3
		1,16/1,37	1	34	68			4,98	267		1,21	8,75
		1,0/1,21	1	45	90			5,1	269		2,18	8,65
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,35/1,64	1	23	46	1—6	*Δ/ΔΔ	4,51	223	0,48	2,44	8,30
		1,04/1,33	1	39	78			4,43	218		6,95	8,5
		0,90/1,17	1	51	102			4,35	220		12,1	8,1
		1,35/1,64	1	23	46			4,5	222		0,608	8,30
		1,04/1,33	1	39	78			4,42	218		1,74	8,5
		0,90/1,17	1	51	102			4,48	217		3,02	8,1
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,56/1,86	1	17	34	1—6	Δ/ΔΔ	4,9	238	0,55	1,55	9,32
		1,20/1,49	1	29	58			4,8	236		4,44	9,51
		1,04/1,33	1	38	76			4,84	233		7,75	9,5
		1,56/1,86	1	17	34			4,70	228		0,387	9,32
		1,20/1,49	1	29	58			4,63	228		1,11	9,51
		1,04/1,33	1	38	76			4,71	227		1,935	9,5

Ротор

z_2
63
63
63
63

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у двигателей серии А проводом ПЭЛБО; ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПЭЛБО: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора у двигателей серии АО проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей с проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм подклеенные. С проводом ПСД: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электро

Тип электродвигателя		P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	$B\delta$, гс	z_1	q_1
А 61-8/6/4	1-я обмотка	2p=8	2,5	220	11,9	695	69,0	0,79	4,5	1,5	2,0	327/230	75/80	0,4	7 280	54	2¼
				380	6,9										7 400		
				500	5,2										7 380		
		2p=4	3,5	220	13,4	1 400	74,5	0,9	5,0	1,2	2,3				5 220		4½
				380	7,7										5 320		
				500	5,9										5 280		
	2-я обмотка	2p=6	3,0	220	11,5	940	0,77	0,86	5 0	1,5	2,0				6 590		3
				380	6,7										6 420		
				500	5,0										6 420		
А 62-8/6/4	1-я обмотка	2p=8	3,5	220	15,8	695	72,5	0,80	4,5	1,5	2,0	327/230	100/105	0,4	7 820	54	2¼
				380	9,2										7 570		
				500	7,0										7 550		
		2p=4	5,0	220	18,3	1 400	78,0	0,92	5,0	1,2	2,3				5 600		4½
				380	10,6										5 430		
				500	8,1										5 400		
	2-я обмотка	2p=6	4,5	220	16,8	940	80,0	0,88	5,5	1,5	2,2				6 350		3
				380	9,7										6 600		
				500	7,4										6 320		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей

Тип электродвигателя		P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	$B\delta$, гс	z_1	q_1
АО 62-8/6/4	1-я обмотка	2p=8	2,5	220	11,8	700	72,0	0,77	5,5	1,2	2,1	327/230	100/105	0,4	6 430	54	2¼
				380	6,8										6 300		
				500	5,2										6 220		
		2p=4	3,5	220	13,4	1 420	74,5	0,92	6,5	1,0	2,2				4 600		4½
				380	7,7										4 520		
				500	5,9										4 450		
	2-я обмотка	2p=6	3,0	220	11,7	930	76,0	0,88	5,5	1,3	2,1				4 910		3
				380	6,8										5 140		
				500	5,2										5 060		
АО 63-8/6/4	1-я обмотка	2p=8	3,5	220	15,5	700	76,0	0,78	5,5	1,2	2,1	327/230	135/140	0,4	6 250	54	2¼
				380	9,0										6 380		
				500	6,8										6 360		
		2p=4	5,0	220	18,3	1 420	78,0	0,92	6,5	1,0	2,2				4 480		4½
				380	10,6										4 580		
				500	8,0										4 580		
	2-я обмотка	2p=6	4,5	220	17,0	910	79,0	0,88	5,5	1,3	2,1				5 500		3
				380	9,8										5 200		
				500	7,5										5 370		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная — 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая обмотка

двигателей единой серии А 6-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Статор Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,0/1,21	1	20	40	1—6	Δ/ΔΔ	8,75	206	0,5	1,02	1,01	44
		0,77/0,95	1	34	68			8,55	203		11,7	1,25	
		0,67/0,84	1	45	90			8,5	202		20,1	4,99	
		1,0/1,21	1	20	10			8,4	200		1,0	1,01	
		0,77/0,95	1	34	68			8,25	196		2,88	1,23	
		0,67/0,84	1	45	90			8,33	198		5,02	4,04	
		1,56/1,77	1	9	18	1—3	Δ	6,0	175	0,52	0,774	1,62	
		1,12/1,33	1	16	32			6,8	199		2,65	4,24	
		0,96/1,14	1	21	42			6,9	157		4,75	4,9	
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,20/1,41	1	14	28	1—8	Δ/ΔΔ	8,07	192	0,55	2,15	4,15	44
		0,93/1,11	1	25	50			7,8	198		6,83	1,7	
		0,77/0,95	1	33	66			8,7	200		12,3	1,31	
		1,20/1,41	1	14	28			8,1	191		0,537	4,45	
		0,93/1,11	1	25	50			7,8	198		1,705	4,7	
		0,77/0,95	1	33	66			8,7	200		3,08	4,34	
		1,25/1,46	2	7	28	1—8	Δ	6,85	176	0,57	0,512	5,15	
		1,30/1,51	1	11 и 12	23			7,3	167		1,71	4,49	
		1,12/1,33	1	16	32			7,51	177		2,91	4,64	

в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора и

единой серии АО 6-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Статор Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,08/1,37	1	17	34	1—8	Δ/ΔΔ	7,45	173	0,55	3,22	4,58	44
		0,80/1,07	1	30	60			7,8	176		10,35	4,09	
		0,69/0,95	1	40	80			8,03	179		18,6	4,08	
		1,08/1,37	1	17	34			7,3	170		0,805	4,58	
		0,80/1,07	1	30	60			7,66	173		2,58	4,09	
		0,69/0,95	1	40	80			7,9	176		4,65	4,08	
		1,50/1,80	1	9	18	1—8	Δ	6,63	158	0,57	0,915	4,84	
		1,16/1,45	1	15	30			6,44	152		2,55	4,84	
		0,96/1,23	1	20	40			7,18	155		4,97	4,45	
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,30/1,59	1	13	26	1—8	Δ/ΔΔ	6,75	174	0,62	1,91	5,63	44
		0,96/1,23	1	22	44			7,19	171		5,95	5,26	
		0,86/1,13	1	29	58			6,77	171		9,76	5,18	
		1,30/1,59	1	13	26			6,9	178		0,48	5,63	
		0,96/1,23	1	22	44			7,32	174		1,485	5,26	
		0,86/1,13	1	29	58			6,89	173		2,44	5,18	
		1,81/2,12	1	6	12	1—8	Δ	6,61	153	0,64	0,471	5,25	
		1,35/1,64	1	11	22			6,84	161		1,55	5,36	
		1,16/1,45	1	11	28			7,1	157		2,68	5,08	

заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные. 3. Междуслойная прокладка

ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А 6-го габарита четырехскоростных 12/8/6/4 полюса

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_{δ}, гс	z_1	q_1
А 61-12/8/6/4 1-я обмотка $2p=12$	1,3	220	9,1	450	57,0	0,66	3,5	1,5	2,0	327/230	75/80	0,4	6 900	54	1 1/2
		380	5,2										6 900		
		500	4,0										6 890		
$2p=6$	2,5	220	10,0	910	71,0	0,89	4,5	1,2	1,9				6 000		3
		380	5,8										6 050		
		500	4,5										6 000		
2-я обмотка $2p=8$	2,0	220	10,8	705	66,0	0,74	4,0	1,3	2,2				7 700		2 1/4
		380	6,2										7 660		
		500	4,7										7 720		
$2p=4$	3,0	220	12,0	1 410	73,0	0,91	5,0	1,0	2,0				5 500		4 1/2
		380	6,8										5 480		
		500	5,2										5 530		
А 62-12/8/6/4 1-я обмотка $2p=12$	1,7	220	10,7	460	63,0	0,66	3,5	1,5	2,0				6 520		1 1/2
		380	6,2										6 640		
		500	4,7										6 680		
$2p=6$	3,2	220	12,4	910	74,5	0,9	4,5	1,1	1,8				4 750		3
		380	7,2										4 850		
		500	5,5										4 880		
2-я обмотка $2p=8$	2,4	220	12,0	705	71,0	0,74	4,0	1,3	2,2	327/230	100/105	0,4	6 860	54	2 1/4
		380	7,0										7 000		
		500	5,3										7 130		
$2p=4$	4,0	220	15,2	1 410	76,0	0,91	5,0	1,0	2,0				4 900		4 1/2
		380	8,8										5 020		
		500	6,7										5 080		

Статор: Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,5; 7,1; 3,2 / 30; 2,0	247	0,90/1,08	1	29	58	1—5	Δ/ΔΔ	8,25	228	0,40	5,75	3,86	44
		0,64/0,81	1	50	100			9,31	224		19,7	3,5	
		0,55 0,72	1	66	132			9,7	228		35	3,34	
		0,90 1,08	1	29	58			7,85	216		1,435	3,86	
		0,64/0,81	1	50	100			9,0	216		4,92	3,5	
		0,55 0,72	1	66	132			9,45	222		8,73	3,31	
		0,93 1,11	1	19	38	1—8	Δ/ΔΔ	9,2	176	0,52	4,85	3,62	
		0,72/0,90	1	33	66			8,8	177		13,7	3,8	
		0,59 0,76	1	43	86			9,95	175		27,1	3,33	
		0,93/1,11	1	19	38			8,85	170		1,21	3,62	
		0,72/0,90	1	33	66			8,35	168		3,43	3,8	
		0,59/0,76	1	43	86			9,53	167		6,75	3,33	
10,5; 7,4; 4,3 / 30; 2,0	247	1,04/1,25	1	23	46	1—6	Δ/ΔΔ	7,3	212	0,48	4,1	4,83	44
		0,77/0,95	1	39	78			7,67	210		12,7	4,5	
		0,67/0,84	1	51	102			7,68	207		21,9	4,46	
		1,04/1,25	1	23	46			7,3	213		1,03	4,83	
		0,77/0,95	1	39	78			7,72	210		3,17	4,5	
		0,67/0,84	1	51	102			7,8	210		5,48	4,46	
		1,0 1,21	1	16	32	1—8	Δ/ΔΔ	8,83	166	0,57	3,67	3,68	
		0,77/0,95	1	27	54			8,7	164		10,4	3,88	
		0,67/0,84	1	35	70			8,69	161		17,85	3,62	
		1,0/1,21	1	16	32			9,7	182		0,918	3,68	
		0,77 0,95	1	27	54			9,43	178		2,6	3,88	
		0,67 0,84	1	35	70			9,5	175		4,46	3,62	

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань и кольца — алюминиевые.

в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм лакоткань ЛХ-1, толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ, толщиной 0,2 мм или ЛХ-1, толщиной 0,2 мм; электрокартон Э3, толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка ротора

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 6-го габарита четырехскоростных 12/8/6/4 полюса

Ста

тор

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{t_{t_1}}{t_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 62-12/8/6/4 1-я обмотка $2p$=12	1,3	220	8,5	460	63,0	0,63	5,0	1,5	2,3				6 520		1 1/2
		380	5,0										6 310		
		500	3,8										6 440		
$2p$=6	2,5	220	10,0	900	70,0	0,90	5,5	1,3	2,0				4 740		3
		380	5,8										4 620		
		500	4,4							327/230	100/105	0,4	4 680	54	
2-я обмотка $2p$=8	2,0	220	10,3	715	69,0	0,74	5,0	1,2	2,3				6 850		2 1/4
		380	6,0										6 770		
		500	4,5										6 720		
$2p$=4	3,0	220	11,7	1 430	72,0	0,91	5,5	1,0	2,5				4 900		4 1/2
		380	7,0										4 860		
		500	5,3										4 820		
АО 63-12/8/6/4 1-я обмотка $2p$=12	2,0	220	12,3	470	66,0	0,63	5,0	1,5	2,3				6 520		1 1/2
		380	7,1										6 380		
		500	5,4										6 470		
$2p$=6	3,5	220	13,3	930	77,0	0,90	5,5	1,3	2,1				4 730		3
		380	7,7										4 650		
		500	5,8										4 700		
2-я обмотка $2p$=8	3,0	220	14,5	715	73,0	0,74	5,0	1,2	2,3	327/230	135/140	0,4	6 780	54	2 1/4
		380	8,4										6 680		
		500	6,4										6 850		
$2p$=4	4,5	220	17,0	1 430	76,0	0,91	6,0	1,0	2,5				4 830		4 1/2
		380	10,0										4 800		
		500	7,5										4 900		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,1 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая

Размеры паза* b; b'; b''; h; l, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	u_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	0,96/1,23	1	23	46	1—6	Δ YY	6,79	168	0,48	4,81	4,3	44
		0,73/0,99	1	41	82			7,11	178		15,25	3,98	
		0,62/0,88	1	53	106			7,29	175		26,6	3,80	
		0,96/1,23	1	23	46			6,9	172		1,2	4,3	
		0,72/0,99	1	41	82			7,12	178		3,81	3,98	
		0,62/0,88	1	53	106			7,28	175		6,65	3,80	
		1,0/1,29	1	16	32	1—8	Δ YY	7,58	143	0,57	3,68	3,86	
		0,72/0,99	1	28	56			8,51	145		12,4	3,22	
		0,59/0,85	1	37	74			9,53	144		24,4	2,85	
		1,0 1,29	1	16	32			7,45	140		0,92	3,86	
		0,72,0,99	1	28	56			8,6	146		3,1	3,22	
		0,59/0,85	1	37	74			9,7	147		6,1	2,85	
		1,16/1,45	1	17	34	1—6	Δ YY	6,73	180	0,55	2,8	5,3	
		0,80/1,07	1	30	60			8,15	184		10,35	4,31	
		0,72/0,99	1	39	78			7,66	182		16,65	4,51	
		1,16/1,45	1	17	34			6,3	169		0,7	5,3	
		0,80/1,07	1	30	60			7,65	172		2,59	4,31	
		0,72/0,99	1	39	78			7,12	169		4,16	4,51	
10,5; 7,4; 3,2 / 30; 2,0	247	1,16/1,45	1	12	24	1—8	Δ YY	7,95	151	0,64	2,3	4,33	44
		0,86/1,13	1	21	42			8,35	152		7,3	3,88	
		0,72/0,99	1	27	54			9,1	150		13,7	3,65	
		1,16 1,45	1	12	24			8,05	153		0,576	4,33	
		0,86/1,13	1	21	42			8,6	157		1,83	3,88	
		0,72/0,99	1	27	54			9,2	151		3,43	3,65	

ском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные. 3. Междуслойная прокладка обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А и АО 7-го габарита двухскоростных 8/4 полюса

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$, мм	$\frac{l_{t_1}}{l_{i_2}}$, мм	δ, мм	$\frac{B_\delta}{ze}$, гс	z_1	q_1
А 71-8/4 $2p$=8	7	220	27,5	725	84,0	0,78	5,5	1,2	2,1	368/260	100/105	0,45	8 100	54	2¹/₄
		380	16,0										7 620		
		500	12,0										7 600		
$2p$=4	10	220	33,0	1 460	86,0	0,92	6,5	1,2	2,1				5 800		4¹/₂
		380	19,0										5 460		
		500	14,5										5 430		
А 72-8/4 $2p$=8	10	220	39,0	723	85,0	0,79	5,5	1,4	2,3	368/260	135/140	0,45	8 000	54	2¹/₄
		380	22,5										7 760		
		500	17,0										7 760		
$2p$=4	14	220	46,0	1 460	87,0	0,92	6,5	1,5	2,5				5 730		4¹/₂
		380	27,0										5 580		
		500	20,5										5 580		
АО 72-8/4 $2p$=8	7	220	28,2	725	85,0	0,77	7,5	1,6	2,4	368/260	135/145	0,45	7 560	54	2¹/₄
		380	16,2										7 300		
		500	12,4										7 410		
$2p$=4	10	220	37,3	1 460	85,0	0,94	8,0	1,6	2,6				5 410		4¹/₂
		380	21,6										5 250		
		500	16,4										5 320		
АО 73-8/4 $2p$=8	10	220	38,6	725	86,0	0,79	7,5	1,6	2,4	368/260	185/190	0,45	6 980	54	2¹/₄
		380	22,4										6 950		
		500	17,0										6 980		
$2p$=4	14	220	45,5	1 460	86,0	0,94	8,0	1,6	2,6				5 000		4¹/₂
		380	26,3										5 000		
		500	20,0										5 230		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у двигателей серии А проводом ПЭЛБО; у двигателей серии АО проводом ПСД.

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1, » 0,2 мм;
электрокартон ЭВ » 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные.

Ротор: Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{Cu}, мм²	d/d_1	m_1	w_{K_1}	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	z_2
11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,25/1,46	3	12	72	1—8	Δ/ΔΔ	4,32	252	0,68	0,636	14,04	63
		1,12/1,33	2	22	88			4,7	269		2,18	13,72	
		1,40/1,61	1	29	58			4,51	266		3,68	13,99	
		1,25/1,46	3	12	72			4,48	262		0,159	14,04	
		1,12/1,33	2	22	88			4,82	276		0,545	13,72	
		1,40/1,61	1	29	58			4,71	278		0,92	13,99	
11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,45/1,66	3	9	54	1—8	Δ/ΔΔ	4,55	268	0,69	0,396	15,72	63
		1,30/1,51	2	16	64			4,9	274		1,31	14,88	
		1,12/1,33	2	21	84			4,99	272		2,32	14,58	
		1,45/1,66	3	9	54			4,64	274		0,099	15,72	
		1,30/1,51	2	16	64			5,09	285		0,328	14,88	
		1,12/1,33	2	21	84			5,2	284		0,58	14,58	
11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,35/1,64	3	9 и 10	57	1—8	Δ/ΔΔ	3,8	204	0,69	0,46	14,91	63
		1,20/1,49	2	17	68			4,13	210		1,64	14,01	
		1,56/1,86	1	22	44			3,75	208		2,51	15,1	
		1,35/1,64	3	9 и 10	57			4,34	234		0,12	14,91	
		1,20/1,49	2	17	68			4,77	242		0,11	14,01	
		1,56/1,86	1	22	44			4,3	239		0,628	15,1	
11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,56/1,86	3	7 и 8	45	1—8	Δ/ΔΔ	3,89	221	0,79	0,324	17,88	63
		1,45/1,74	2	13	52			3,92	222		0,984	17,58	
		1,25/1,51	2	17	68			4,0	220		1,73	17,39	
		1,56/1,86	3	7 и 8	45			3,96	225		0,081	17,88	
		1,45/1,74	2	13	52			4,05	226		0,246	17,52	
		1,25/1,51	2	17	68			4,08	224		0,432	17,39	

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 » 0,2 мм;
электрокартон ЭВ » 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А и АО 7-го габарита двухскоростных 12/6 полюсов

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_1}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1	Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	w_{K_1}	n_{φ_1}	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
А 71-12/6 $2p=12$	4,5	220	24,0	475	77,0	0,64	4,0	1,1	1,7	368/260	100/105	0,45	7 390	54	$1^1/_2$	11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,25 1,46	2	18	72	1—6	—	Δ/ΛΛ	5,65	330	0,54	1,24	12,23	63
		380	14,0										7 400					1,40/1,61	1	31	62		—		5,27	332		3,44	12,95	
		500	10,5										7 370					1,16/1,37	1	41	82		—		5,75	329		6,60	11,88	
$2p=6$	7	220	25,0	950	84,0	0,88	5,0	1,1	1,8				5 370		3			1,25/1,46	2	18	72		—		5,10	297		0,31	12,23	
		380	14,4										5 390					1,40/1,61	1	31	62		—		4,68	295		0,86	12,95	
		500	11,0										5 370					1,16/1,37	1	41	82		—		5,2	298		1,65	11,88	
А 72-12/6 $2p=12$	6,5	220	32,5	475	79,0	0,64	4,0	1,1	1,7	368/260	135/140	0,45	7 380	54	$1^1/_2$	11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,20/1,41	1	40	80	1—6	3	Δ/ΛΛ	5,54	332	0,61	0,755	14,05	63
		380	19,5										7 400					1,62/1,83	1	23	46		—		5,46	342		2,16	14,21	
		500	14,9										7 450					1,40/1,61	1	30	60		—		5,6	342		3,72	14,21	
$2p=6$	10	220	35,2	960	85,0	0,88	5,0	1,1	2,0				5 370		3			1,20/1,41	1	40	80		3		5,18	310		0,189	14,05	
		380	20,3										5 390					1,62/1,83	1	23	46		—		4,93	308		0,54	14,21	
		500	15,5										5 430					1,40 1,61	1	30	60		—		5,04	307		0,93	14,21	
АО 72-12/6 $2p=12$	4,5	220	23,7	475	78,0	0,64	4,0	1,3	2,1	368/260	135/140	0,45	7 030	54	$1^1/_2$	11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,40/1,69	2	14	56	1—6	—	Δ/ΛΛ	4,45	254	0,61	0,875	13,5	63
		380	13,7										6 800					1,50/1,80	1	25	50		—		4,48	262		2.72	14,0	
		500	10,5										6 780					1,25/1,54	1	33	66		—		4,95	265		5,16	12,95	
$2p=6$	7	220	25,0	960	84,0	0,88	5,5	1,3	2,1				5 100		3			1,40/1,69	2	14	56		—		4,06	231		0,219	13,5	
		380	14,4										4 950					1,50/1,80	1	25	50		—		4,08	238		0,68	14,0	
		500	11,0										4 930					1,25/1,54	1	33	66		—		4,49	240		1,29	12,95	
АО=73-12/6 $2p=12$	6,5	220	32,9	475	80,0	0,65	4,0	1,3	2,1	368/260	185/190	0,45	6 900	54	$1^1/_2$	11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,30/1,59	1	31	62	1—6	3	Δ/ΛΛ	4,77	260	0,71	0,524	15,3	63
		380	19,0										6 850					1,20/1,49	2	18	72		—		4,85	261		1,8	15,3	
		500	14,5										6 760					1,56/1,86	1	24	48		—		4,37	266		2,8	16,9	
$2p=6$	10	220	34,7	960	85,0	0,89	5,5	1,3	2,3				5 050		3			1,30/1,59	1	31	62		3		4,36	237		0,131	15,3	
		380	20,5										5 040					1,20/1,49	2	18	72		—		4,53	244		0,45	15,3	
		500	15,3										4 960					1,56/1,86	1	24	48		—		4,00	242		0,70	16,9	

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателя серии А проводом ПЭЛБО; у электродвигателя серии АО проводом ПСД:

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*;
лакоткань ЛХ-1 „ 0,2 *мм*
электрокартон ЭВ „ 0,2 *мм* или
два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*.

с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 *мм* и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 *мм*, подклеенные.

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 *мм*;
лакоткань ЛХ-1 „ 0,2 *мм*;
электрокартон ЭВ „ 0,2 *мм* или
два слоя пленкокартона по 0,3 *мм*.

с проводом ПСД:
микакартон, толщиной 0,4 *мм* и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 *мм*, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей

Ста

Тип электродвигателя	P_2, квт	U_1, в	I_1, а	n_1, об/мин	η_1	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
		220	21,0										7 550		
		380	12,2	700	76,0	0,70	4,5	1,5	2,0				7 050		$2^1/_4$
		500	9,3										7 200		
		220	24,5										6 020		
		380	14,2										5 850		
$2p=4$	7	500	10,8	1 410	80,5	0,92	5,5	1,4	2,3	$\frac{368}{260}$	$\frac{100}{105}$	0,45	5 740	54	$4^1/_2$
		220	24,0										6 000		
		380	13,9										6 490		
		500	10,6										6 400		
		220	28,0										7 200		
		380	16,2										7 320		
$2p=6$	5	500	12,3	950	78,5	0,80	4,5	1,5	2,2				7 430		$2^1/_4$
		220	34,5										5 150		
		380	20,1										5 270		
$2p=4$	10	500	15,3	1 410	82,0	0,92	6,5	1,4	2,3	$\frac{368}{260}$	$\frac{135}{140}$	0,45	5 330	54	$4^1/_2$
		220	32,5										5 830		
		380	18,8										6 320		
2-я обмотка $2p=6$	6	500	14,3	950	82,5	0,88	8,0	1,5	2,2				6 630		3

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщи алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей

Ста

Тип электродвигателя	P_2, квт	U_1, в	I_1, а	n_1, об/мин	η_1	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 72-8/6/4 1-я обмотка $2p=6$	5	220	21,0	715	79,0	0,79	5,5	1,2	2,2				6 000		
		380	12,2										6 200		$2^1/_4$
		500	9,3										6 300		
		220	24,5										3 920		
$2p=4$	7	380	14,2	1 430	80,5	0,92	7,0	1,0	2,2	$\frac{368}{260}$	$\frac{135}{110}$	0,45	4 450	54	$4^1/_2$
		500	11,0										4 500		
		220	23,6										5 830		
2-я обмотка $2p=8$	5,5	380	13,7	960	82,0	0,88	5,5	1,3	2,2				5 620		3
		500	10,5										5 540		
		220	28,0										5 820		
АО 73-8/6/4 1-я обмотка $2p=8$	7	380	16,2	715	82,0	0,80	5,5	1,2	2,2				6 040		$2^1/_4$
		500	12,3										6 250		
		220	34,5										4 170		
$2p=4$	10	380	20,1	1 430	82,5	0,92	7,0	1,0	2,2	$\frac{368}{260}$	$\frac{185}{190}$	0,45	4 330	54	$4^1/_2$
		500	15,3										4 490		
		220	31,0										5 300		
2-я обмотка $2p=6$	8	380	18,3	960	84,0	0,89	6,5	1,3	2,2				5 270		3
		500	13,9										5 360		

* Паз статора выполнен по форме № 4, паз ротора — по форме № 1.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в дском исполнении: микакартон толщиной 0,1 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая об

единой серии А 7-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
		1,5/1,71	1	13	26			7,07	215		1,36	8,31	
		1,01/1,25	1	24	48			8,5	229		3,24	6,48	
		0,93/1,11	1	31	62			8,1	225		3,55	6,3	
		1,5/1,71	1	13	26			7,02	214		0,74	6,31	
11,9; 8,7; 3,7 / 20,8; 1,0	291	1,01/1,25	1	24	48	1—7	Δ/ΔΔ	8,11	226	0,69	1,31	6,15	63
		0,93/1,11	1	31	62			8,04	223		2,14	6,3	
		1,45/1,66	2	6	24			7,23	194		0,362	6,65	
		1,56/1,77	1	10 и 11	21	1—8	Λ	7,21	192	0,63	1,092	6,48	
		1,35/1,56	1	14	28			7,33	194		1,95	6,44	
		1,2/1,41	2	10	40			7,3	216		0,95	7,65	
		1,31/1,51	1	17	34			7,2	214		2,74	7,92	
		1,12/1,33	1	22	44			7,1	212		4,76	7,68	
		1,2/1,41	2	10	40	1—8	Δ/ΔΔ	7,7	230	0,68	0,237	7,65	
11,9; 8,7; 3,7 / 20,8; 1,0	291	1,3/1,51	1	17	34			7,59	226		0,692	7,92	63
		1,12/1,33	1	22	44			7,77	232		1,36	7,68	
		1,35/1,56	3	5	30			7,55	214		0,25	7,92	
		1,3/1,51	2	8	32	1—8	Λ	7,1	199	0,7	0,621	7,92	
		1,12/1,33	2	10	40			7,26	189		1,11	7,38	

заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя ной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора—

единой серии АО 7-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм²	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
		1,5/1,80	1	12	24			6,85	192		1,45	7,56	
		1,12/1,41	1	20	40			7,15	187		1,34	7,14	
		0,96/1,23	1	25	52			7,41	181		7,8	6,84	
		1,50/1,80	1	12	24	1—8	Δ/ΔΔ	7,03	196	0,65	0,362	7,56	
11,9; 8,7; 3,7 / 20,8; 1,0	291	1,12/1,41	1	20	40			7,25	189		1,085	7,14	63
		0,96/1,23	1	26	52			7,6	189		1,95	6,84	
		1,56/1,86	2	5	20			6,17	156		0,259	7,38	
		1,16/1,45	2	9	36	1—8	Λ	6,5	168	0,70	0,938	7,2	
		1,45/1,74	1	12	24			6,35	166		1,01	7,38	
		1,16/1,45	2	9	36			7,65	193		1,05	7,56	
		1,25/1,54	1	15	30			7,64	165		3,01	7,5	
		1,12/1,41	1	19	38			7,21	178		4,72	7,5	
		1,16/1,45	2	9	36	1—8	Δ/ΔΔ	8,16	205	0,78	0,262	7,56	
11,9; 8,7; 3,7 / 20,8; 1,0	291	1,25/1,54	1	15	30			8,15	198		0,752	7,5	63
		1,12/1,41	1	19	38			7,61	188		1,18	7,6	
		1,45/1,74	3	4	24			6,37	167		0,241	8,1	
		1,35/1,64	2	7	24	1—8	Λ	6,39	169	0,8	0,62	8,04	
		1,16/1,45	2	9	36			6,58	165		0,97	8,25	

заводском исполнении: микакартон толщиной 0,1 мм и стеклолакоткань черная — 0,2 мм, подклеенные. 3. Междуслойная прокладка в заво- мотка ротора и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А 7-го габарита четырехскоростных 12/8/6/4 полюса

Тип электродвигателя	$P_{\text{ном}}$	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 71-12/6/6/4 1-я самотка $2p=12$	3	220	17,4	465	68,5	0,66	4,0	1,6	2,0	368/260	100/105	0,45	6 980	54	$1\frac{1}{2}$
		380	10,1										7 150		
		500	7,7										7 150		
$2p=6$	5	220	18,4	930	78,0	0,91	5,0	1,3	2,0				5 080		3
		380	10,7										5 220		
		500	8,1										5 220		
2-я самотка $2p=8$	4	220	19,1	710	74,0	0,74	5,0	1,3	2,3				7 450		$2\frac{1}{4}$
		380	11,1										7 600		
		500	8,4										7 580		
$2p=6$	6,5	220	23,0	1 420	79,0	0,92	5,5	1,0	2,0				5 330		$4\frac{1}{2}$
		380	13,6										5 450		
		500	10,3										5 430		
А 72-12/8/6/4 1-я самотка $2p=12$	4	220	22,4	465	71,0	0,66	4,0	1,6	2,0	368/260	135/140	0,45	7 020	54	$1\frac{1}{2}$
		380	13,0										7 070		
		500	9,9										7 200		
$2p=6$	7	220	25,4	930	80,5	0,91	5,0	1,5	2,2				5 110		3
		380	14,6										5 180		
		500	11,1										5 250		
2-я самотка $2p=8$	6	220	27,7	710	77,0	0,74	5,0	1,3	2,3				8 000		$2\frac{1}{4}$
		380	16,0										7 760		
		500	12,2										7 760		
$2p=4$	9	220	31,8	1 420	81,0	0,92	5,5	1,2	2,2				5 730		$4\frac{1}{2}$
		380	18,4										5 590		
		500	14,0										5 590		

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО.
2. Изоляция статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 „ 0,2 мм;
электрокартон ЭВ „ 0,2 мм или
два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

Размеры паза $\frac{b'; b''}{h; l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	w_{k_1}	$n_{\text{п}_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, см	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,30/1,51	1	19	38	1—6	Δ ДД	7,58	252	0,63	2,39	6,84	63
		1,0/1,21	1	32	64			7,45	248		6,82	6,84	
		0,86/1,04	1	42	84			7,65	247		12,1	7,56	
		1,30/1,51	1	19	38			6,95	231		0,598	6,84	
		1,0/1,21	1	32	64			6,81	226		1,71	6,84	
		0,86/1,04	1	42	84			6,96	225		3,02	7,56	
		1,35/1,56	1	13	86	1—8	Δ ДД	7,7	189	0,63	1,81	5,94	
		1,0/1,21	1	22	44			8,19	187		5,58	5,52	
		0,86/1,04	1	29	58			8,35	186		9,93	5,4	
		1,35/1,56	1	13	26			8,03	197		0,453	5,94	
		1,0/1,21	1	22	44			8,66	198		1,4	5,52	
		0,86/1,04	1	29	58			8,85	197		2,48	5,4	
11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,56/1,77	1	14	28	1—6	Δ ДД	6,76	240	0,6	1,39	8,1	63
		1,16/1,37	1	24	48			7,1	238		4,28	7,74	
		1,0/1,21	1	31	62			7,3	234		7,48	7,56	
		1,56/1,77	1	14	28			6,55	232		0,348	8,1	
		1,16/1,37	1	24	48			6,9	232		1,07	7,74	
		1,0/1,21	1	31	62			7,07	227		1,87	7,56	
		1,12/1,33	2	9	36	1—8	Δ ДД	8,12	190	0,7	1,0	6,3	
		1,20/1,41	1	16	32			8,16	196		3,14	6,48	
		1,04/1,25	1	21	42			8,3	196		5,46	6,36	
		1,12/1,33	2	9	36			8,06	189		0,25	6,3	
		1,20/1,41	1	16	32			8,12	195		0,785	6,48	
		1,04/1,25	1	21	42			8,25	194		1,36	6,36	

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 „ 0,2 мм;
электрокартон ЭВ „ 0,2 мм или
два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 7-го габарита четырехскоростных 12 8,6 4 полюса

Ста

Тип электродвигателя	$P_н$, квт	U, в	I, а	$\frac{n}{об/мин}$	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	l_{δ}', см	z_1	q_1
АО 72-12,8,6,4 1-я обмотка $2p=12$	3	220	18,2	475	72,0	0,60	5,0	1,5	2,3	368/260	135/140	0,45	6 550	54	1½
		380	10,5										6 520		
		500	8,0										6 560		
$2p=6$	5	220	18,0	940	81,0	0,90	6,0	1,3	2,3				4 760		3
		380	10,5										4 760		
		500	8,0										4 790		
2-я обмотка $2p=8$	4	220	20,7	720	76,0	0,67	6,0	1,2	2,3				7 160		8¼
		380	12,0										7 300		
		500	9,1										7 400		
$2p=4$	6,5	220	23,7	1 440	79,0	0,91	6,5	1,0	2,5				5 150		4½
		380	13,7										5 260		
		500	10,5										5 330		
АО 73-12 8 6 4 1-я обмотка $2p=12$	4	220	23,7	475	74,0	0,60	5,5	1,5	2,3				5 970		1½
		380	13,7										6 180		
		500	10,5										6 260		
$2p=6$	7	220	24,6	940	83,0	0,90	6,0	1,2	2,3	368/260	185/190	0,45	4 350	54	3
		380	14,2										4 510		
		500	10,8										4 570		
2-я обмотка $2p=8$	6	220	29,4	720	79,0	0,68	6,0	1,2	2,6				6 550		2¼
		380	17,0										6 940		
		500	13,0										6 980		
$2p=4$	9	220	32,0	1 440	81,0	0,91	6,5	1,0	2,5				4 700		4½
		380	18,5										5 000		
		500	14,1										5 030		

• Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПСД.

2. Изоляция паз статора в заводском исполнении: микалентон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные

тор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{S_1}, мм²	d/d'	m_1	z_{K_1}	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,45/1,74	1	15	30	1—6	Δ/ΔΔ	6,35	208	0,6	1,72	7,74	63
		1,04/1,33	1	26	52			7,15	208		5,8	7,04	
		0,93/1,20	1	34	68			6,8	208		9,56	6,84	
		1,45/1,74	1	15	30			5,44	178		0,43	7,74	
		1,04/1,33	1	26	52			6,19	180		1,45	7,04	
		0,93/1,20	1	34	68			5,9	180		2,39	6,84	
		1,50/1,80	1	10	20	1—8	Δ ΔΔ	6,8	158	0,7	1,24	6,48	
		1,08/1,37	1	17	34			7,59	156		4,08	5,82	
		0,96/1,23	1	22	44			7,25	152		6,71	5,94	
		1,50/1,80	1	10	20			6,71	156		0,31	6,48	
		1,08/1,37	1	17	34			7,48	154		1,02	5,82	
		0,96/1,23	1	22	44			7,25	153		1,68	5,94	
11,9; 8,7; 3,7 / 29,8; 1,0	291	1,08/1,37	2	12	48	1—6	Δ/ΔΔ	7,47	217	0,7	1,44	8,1	63
		1,25/1,54	1	20	40			6,45	209		3,6	9,0	
		1,04/1,33	1	26	52			7,15	208		6,76	8,28	
		1,08/1,37	2	12	48			6,71	195		0,36	8,1	
		1,25/1,54	1	20	40			5,79	188		0,9	9,0	
		1,04 1,33	1	26	52			6,36	185		1,69	8,28	
		1,12/1,41	2	8	32	1—8	Δ/ΔΔ	8,63	180	0,8	1,02	6,78	
		1,25/1,34	1	13	26			8,0	169		2,67	6,72	
		1,08/1,37	1	17	34			8,19	168		4,67	6,6	
		1,12/1,41	2	8	32			8,12	169		0,255	6,78	
		1,25,1,54	1	13	26			7,54	159		0,668	6,72	
		1,08/1,37	1	17	34			7,7	158		1,165	6,6	

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: микалентон толщиной 0,1 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А и АО 8-го габарита двухскоростных 8/4 полюса

Ста

тор

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 81-8/4 $2p=8$	14	220	54,2	730	86,0	0,79	5,5	1,4	2,3	$\frac{423}{300}$	$\frac{130}{135}$	0,55	8 140	72	3
		380	31,4										8 020		
		500	23,8										7 910		
$2p=4$	20	220	64,0	1 470	88,0	0,92	6,5	1,5	2,5				5 900		6
		380	37,5										5 870		
		500	28,5										5 760		
А 82-8/4 $2p=8$	20	220	75,4	730	87,0	0,80	5,5	1,4	2,3	$\frac{423}{300}$	$\frac{180}{185}$	0,55	7 400	72	3
		380	43,7										7 600		
		500	33,2										7 600		
$2p=4$	28	220	90,0	1 470	89,0	0,92	6,5	1,5	2,5				5 400		6
		380	52,0										5 550		
		500	40,0										5 550		
АО 82-8/4 $2p=8$	14	220	53,0	730	87,0	0,80	7,5	1,6	2,4	$\frac{423}{300}$	$\frac{180}{185}$	0,55	7 030	72	3
		380	30,5										7 150		
		500	23,2										7 260		
$2p=4$	20	220	64,2	1 470	87,0	0,94	8,0	1,6	2,6				5 130		6
		380	37,2										5 220		
		500	28,3										5 300		
АО 83-8/4 $2p=8$	20	220	74,5	730	88,0	0,80	7,5	1,6	2,4	$\frac{423}{300}$	$\frac{250}{255}$	0,55	7 240	72	3
		380	43,0										7 300		
		500	32,8										7 200		
$2p=4$	28	220	89,0	1 470	88,0	0,94	8,0	1,6	2,6				5 280		6
		380	51,5										5 350		
		500	39,2										5 260		

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	t_{m_1}, ч	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
$\frac{10,0;\ 7,35;\ 3,2}{32,8;\ 1,0}$	271	1,45/1,66	2	12	48	1—10	2	Δ/ΔΔ	4,75	288	0,77	0,294	20,6	56
		1,56/1,77	1	21	42		2		4,75	292		0,89	20,6	
		1,35/1,56	1	28	56		2		4,8	295		1,59	20,75	
		1,45/1,66	2	12	48		2		4,85	294		0,0735	20,6	
		1,56/1,77	1	21	42		2		4,9	302		0,22	20,6	
		1,35/1,56	1	28	56		2		4,97	305		0,397	20,75	
$\frac{10,0;\ 7,35;\ 3,2}{32,8;\ 1,0}$	271	1,68/1,89	2	9 и 10	38	1—10	2	Δ/ΔΔ	4,92	316	0,87	0,196	24,5	56
		1,30/1,51	2	16	64		2		4,77	310		0,55	25,0	
		1,62/1,83	1	21	42		2		4,65	308		0,93	25,2	
		1,68/1,89	2	9 и 10	38		2		5,06	327		0,049	24,5	
		1,30/1,51	2	16	64		2		4,9	318		0,137	25,0	
		1,62/1,83	1	21	42		2		4,85	322		0,232	25,2	
$\frac{10,0;\ 7,35;\ 3,2}{32,8;\ 1,0}$	271	1,62/1,92	4	5	40	1—10	—	Δ/ΔΔ	3,71	234	0,87	0,222	25,4	56
		1,74/2,05	2	9 и 8	34		—		3,7	229		0,656	24,4	
		1,50/1,80	2	11	44		—		3,8	226		1,135	23,5	
		1,62/1,92	4	5	40		—		3,9	246		0,0555	25,4	
		1,74/2,05	2	9 и 8	34		—		3,9	242		0,164	24,4	
		1,50/1,80	2	11	44		—		4,0	238		0,283	23,5	
$\frac{10,0;\ 7,35;\ 3,2}{32,8;\ 1,0}$	271	1,56/1,86	3	7	42	1—10	2	Δ/ΔΔ	3,75	230	1,01	0,130	28,3	56
		1,45/1,74	4	6	48		—		3,75	228		0,386	28,1	
		1,45/1,74	3	8	48		—		3,84	232		0,687	28,1	
		1,56/1,86	3	7	42		2		3,88	238		0,0325	28,3	
		1,45/1,74	4	6	48		—		3,9	236		0,096	28,1	
		1,45/1,74	3	8	48		—		3,96	240		0,172	28,1	

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена: у электродвигателя серии А проводом ПЭЛБО;
АО проводом ПСД.

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 • 0,2 мм;
электрокартон ЭВ • 0,2 мм или
два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные.

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 • 0,2 мм;
электрокартон ЭВ • 0,2 мм или
два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

с проводом ПСД:
микакартон 0,4 мм и
стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А и АО 8-го габарита двухскоростных 12/6 полюсов

Ста

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	b, мм	B, гс	z_1	q_1
А 81-12/6 $2p=12$	9	220	45,6	480	81,0	0,64	4,0	1,1	1,8	423/300	130/135	0,55	7 550	72	2
		380	27,4										7 810		
		500	20,0										7 700		
$2p=6$	14	220	48,7	970	86,0	0,88	5,0	1,2	2,0				5 850		4
		380	28,0										6 070		
		500	21,4										5 990		
А 82-12/6 $2p=12$	12,5	220	62,2	480	82,5	0,64	4,0	1,1	1,9	423/300	180/185	0,55	8 200	72	2
		380	36,0										7 700		
		500	27,4										7 980		
$2p=6$	20	220	68,8	970	87,0	0,88	5,0	1,2	2,2				6 350		4
		380	39,7										6 000		
		500	30,2										6 200		
АО 82-12/6 $2p=12$	9	220	44,5	480	82,0	0,65	4,5	1,4	2,1	423/300	180/185	0,55	7 000	72	2
		380	25,7										7 050		
		500	19,5										6 950		
$2p=6$	14	220	48,0	970	86,0	0,89	6,5	1,4	2,5				5 450		4
		380	27,6										5 520		
		500	21,2										5 430		
АО 83-12/6 $2p=12$	12,5	220	61,0	480	83,0	0,65	4,5	1,4	2,1	423/300	250/255	0,55	7 050	72	2
		380	35,2										6 780		
		500	26,8										6 690		
$2p=6$	20	220	68,0	970	87,0	0,89	6,5	1,4	2,5				5 500		4
		380	39,2										5 300		
		500	30,0										5 200		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателя А проводом ПЭЛ БО, а у электродвигателя АО проводом ПСД.

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 " 0,2 мм;
электрокартон ЭВ " 0,2 мм или
два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные.

Ротор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{S_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	z_2
$\frac{10,0;\ 7,35;\ 3,2}{32,8;\ 1,0}$	271	1,45/1,66	3	9	54	1—7	Δ/ΔΔ	5,52	378	0,66	0,504	20,5	56
		1,35/1,56	2	15	60			5,51	362		1,45	19,45	
		1,68 1,89	1	20	40			5,2	354		2,5	19,8	
		1,45/1,66	3	9	54			4,92	335		0,126	20,5	
		1,35/1,56	2	15	60			4,89	322		0,362	19,45	
		1,68/1,89	1	20	40			4,82	328		0,625	19,8	
$\frac{10,0;\ 7,35;\ 3,2}{32,8;\ 1,0}$	271	1,68/1,89	3	6	36	1—7	Δ ΔΔ	5,4	330	0,76	0,287	21,25	56
		1,56/1,77	2	11	44			5,45	350		0,92	21,95	
		1,35/1,56	2	14	56			5,51	339		1,55	20,9	
		1,68 1,89	3	6	36			5,16	316		0,072	21,25	
		1,56 1,77	2	11	44			5,18	334		0,23	21,95	
		1,35/1,56	2	14	56			5,26	321		0,388	20,9	
$\frac{10,0;\ 7,35;\ 3,2}{32,8;\ 1,0}$	271	1,50/1,80	3	7	42	1—7	Δ ΔΔ	4,87	275	0,76	0,426	20,3	56
		1,40/1,69	2	12	48			4,83	273		1,27	19,8	
		1,74/2,05	1	16	32			4,85	277		2,18	20,0	
		1,50/1,80	3	7	42			4,53	257		0,107	20,3	
		1,40/1,69	2	12	48			4,52	255		0,317	19,8	
		1,74 2,05	1	16	32			4,45	260		0,545	20,0	
$\frac{10,0;\ 7,35;\ 3,2}{32,8;\ 1,0}$	271	1,56/1,86	4	5	40	1—7	Δ ΔΔ	4,6	270	0,9	0,25	24,65	56
		1,30/1,59	3	9	54			5,12	281		0,804	23,0	
		1,40/1,69	2	12	48			5,04	285		1,49	23,4	
		1,56/1,86	4	5	40			4,45	260		0,062	24,65	
		1,30/1,59	3	9	54			4,93	270		0,201	23,0	
		1,40 1,69	2	12	48			4,88	275		0,373	23,4	

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон толщиной ЭВ 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 " 0,2 мм;
электрокартон ЭВ " 0,2 мм или
два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А 8-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

Статор

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{l_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 81-8/6/4 1-я обмотка $2p=8$	10,0	220	40,0	710	80,0	0,82	4,5	1,5	2,2	423/300	130/135	0,55	6 950	72	3
		380	23,2										7 000		
		500	17,6										6 900		
$2p=4$	14,0	220	48,5	1 430	82,5	0,92	5,5	1,4	2,3				5 060		6
		380	28,0										5 130		
		500	21,3										5 050		
2-я обмотка $2p=6$	12,5	220	45,0	960	83,0	0,88	5,0	1,5	2,2				6 420		4
		380	26,0										6 680		
		500	19,8										6 280		
А 82-8/6/4 1-я обмотка $2p=8$	14,0	220	55,3	710	81,0	0,82	4,5	1,5	2,2	423/300	180/185	0,55	7 020	72	3
		380	32,0										6 750		
		500	24,3										6 660		
$2p=4$	20,0	220	69,0	1 430	83,0	0,92	5,5	1,4	2,3				5 130		6
		380	39,8										4 920		
		500	30,3										4 840		
2-я обмотка $2p=6$	18,0	220	64,5	960	83,5	0,88	5,0	1,5	2,2				6 000		4
		380	37,2										6 040		
		500	28,4										5 960		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 8-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

Статор

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{l_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 82-8/6/4 1-я обмотка $2p=8$	10	220	39,0	720	84,0	0,80	7,0	1,5	2,4	423/300	180/185	0,55	7 020	72	3
		380	22,6										6 750		
		500	17,2										6 660		
$2p=4$	14	220	48,0	1 450	83,0	0,92	7,5	1,4	2,5				5 130		6
		380	28,0										4 940		
		500	21,2										4 840		
2-я обмотка $2p=6$	12,5	220	43,0	970	85,0	0,90	6,5	1,3	2,4				5 220		4
		380	24,8										5 170		
		500	19,0										5 280		
АО 83-8/6/4 1-я обмотка $2p=8$	14	220	54,0	720	85,0	0,80	7,0	1,5	2,4	423/300	250/255	0,55	6 340	72	3
		380	31,3										6 250		
		500	23,8										6 410		
$2p=4$	20	220	68,0	1 450	84,5	0,92	8,0	1,4	2,5				4 600		6
		380	39,0										4 560		
		500	30,0										4 670		
2-я обмотка $2p=6$	18	220	61,0	970	86,0	0,90	6,5	1,3	2,5				5 000		4
		380	35,4										5 200		
		500	27,0										5 260		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	p_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	θ_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,35/1,56	2	7	28	1—10	—	Δ/ΛΛ	8,1	250	0,74	0,76	10,2	56
		1,45/1,66	1	12	24		—		8,1	246		2,27	9,9	
		1,25/1,46	1	16	32		—		8,3	249		4,05	9,85	
		1,35/1,56	2	7	28		—		8,45	260		0,191	10,2	
		1,45/1,66	1	12	24		—		8,46	257		0,567	9,9	
		1,25/1,46	1	16	32		—		8,69	260		1,02	9,85	
		1,74/1,95	1	9	18	1—11	3	Λ	6,3	207	0,82	0,146	12,08	
		1,68/1,89	2	5	20		—		5,85	199		0,552	12,7	
		1,45/1,66	2	7	28		—		5,99	212		0,74	13,14	
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,62/1,83	2	5	20	1—10	—	Δ/ΛΛ	7,76	245	0,84	0,428	11,89	56
		1,68/1,89	1	9	18		—		8,34	255		1,435	11,28	
		1,45/1,66	1	12	24		—		8,47	258		2,58	11,23	
		1,62/1,83	2	5	20		—		8,36	264		0,107	11,89	
		1,68/1,89	1	9	18		—		8,95	274		0,358	11,28	
		1,45/1,66	1	12	24		—		9,17	278		0,642	11,28	
		1,4/1,61	2	7	28	1—11	3	Λ	7,0	230	0,93	0,098	13,68	
		1,5/1,71	1	12	24		3		7,02	228		0,296	13,31	
		1,3/1,51	1	16	32		3		7,14	232		0,524	13,31	

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 8-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

Статор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к_1}$	$n_{э_1}$	p_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	r, ом	θ_{Cu}, кг	Ротор z_2
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,50/1,80	2	5	20	1—10	—	Δ/ΛΛ	6,39	173	0,84	0,5	10,55	56
		1,62/1,92	1	9	18		—		6,34	180		1,[illegible]	10,[illegible]	
		1,40/1,69	1	12	24		—		6,46	183		2,76	10,8	
		1,50/1,80	2	5	20		—		6,8	184		0,125	10,55	
		1,62/1,92	1	9	18		—		6,8	193		0,385	10,8	
		1,40/1,69	1	12	24		—		6,9	195		0,69	10,8	
		1,74/2,05	1	[illegible]	16	1—11	3	Λ	[illegible]	176	0,93	0,14[illegible]	12,[illegible]	
		1,35/1,64	1	14	[illegible]		3		[illegible]	177		0,42	13,0[illegible]	
		1,45/1,74	2	6	24		—		6,75	175		0,71	13,15	
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,74/2,05	2	4	16	1—10	—	Δ/ΛΛ	6,[illegible]	192	0,93	0,347	13,1	
		1,35/1,64	2	7	28		—		6,31	194		1,01	13,[illegible]	
		1,68/1,99	1	9	18		—		6,2	190		1,[illegible]	13,[illegible]	
		1,74/2,05	2	4	16		—		7,15	208		0,0[illegible]	13,1	
		1,35/1,64	2	7	28		—		6,62	209		0,[illegible]	13,6	
		1,68/1,99	1	9	18		—		6,75	207		0,417	13,[illegible]	
		1,45/1,74	2	6	24	1—11	3	Λ	6,15	187	1,07	0,09	15,12	
		1,56/1,86	1	10	20		3		6,16	190		0,2[illegible]	14,21	
		1,35/1	1	13	26		3		6,28	179		0,4[illegible]	14,[illegible]	

заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные. 3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные. 4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А 8-го габарита четырехскоростных 12/8/6/4 полюса

Статор

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_2}}{l_{t_1}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 81-12/8/6/4 1-я обмотка															
		220	32,2										7 550		
		380	18,6	470	74,5	0,66	4,0	1,6	2,0				7 330		2
$2p=12$	6,0	500	14,1										7 330		
		220	34,5										5 860		
		380	20,0	950	82,5	0,91	5,0	1,5	2,3				5 710		4
$2p=6$	10,0	500	15,0							423/300	130/135	0,55	5 710	72	
2-я обмотка															
		220	37,0										7 500		
		380	21,4	715	79,5	0,76	5,0	1,3	2,3				7 660		3
$2p=8$	8,5	500	16,2										7 640		
		220	43,3										5 460		
		380	25,0	1 440	82,5	0,92	5,5	1,2	2,3				5 600		6
$2p=4$	12,5	500	19,0										5 560		
А 82-12/8/6/4 1-я обмотка															
		220	41,0										7 020		
		380	23,8	470	77,5	0,66	4,0	1,6	2,0				7 080		2
$2p=12$	8,0	500	18,0										6 960		
		220	48,0										5 430		
		380	27,5	950	84,0	0,91	5,5	1,5	2,3				5 500		4
$2p=6$	14,0	500	21,0							423/300	180/185	0,55	5 410	72	
2-я обмотка															
		220	47,0										7 020		
		380	27,2	715	81,0	0,76	5,0	1,3	2,3				7 140		3
$2p=8$	11,0	500	20,6										7 250		
		220	61,6										5 130		
		380	35,6	1 440	83,5	0,92	5,5	1,2	2,3				5 230		6
$2p=4$	18,0	500	27,2										5 300		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО.

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

Ротор

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_2}, мм²	d/d'	m_1	w_{K_1}	$n_{э_1}$	U_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m_1}, м	$r_{оч}$	Q_{Cu}, кг	Ротор z_2
		1,30/1,51	2	9	36			7,0	256		0,895	10,43	
		1,40 1,61	1	16	32			7,0	264		2,74	10,61	
		1,20 1,41	1	21	42	1—7	Δ YY	7,2	262	0,63	4,94	10,05	
		1,30 1,51	2	9	36			6,52	238		0,224	10,43	
		1,40 1,61	1	16	32			6,5	245		0,685	10,61	
10,0; 7,35; 3,2 32,8; 1,0	271	1,20/1,41	1	21	42			6,61	241		1,23	10,05	56
		1,30/1,51	2	6 и 7	26			8,06	213		0,82	9,48	
		1,40/1,61	1	11	22			8,06	209		2,42	9,12	
		1,20/1,41	1	14 и 15	29	1—10	Δ YY	8,27	208	0,8	4,34	8,88	
		1,30/1,51	2	6 и 7	26			8,15	215		0,205	9,48	
		1,40/1,61	1	11	22			8,14	210		0,6	9,12	
		1,20/1,41	1	14 и 15	29			8,4	210		1,08	8,88	
		1,5 1,71	2	7	28			6,74	254		0,604	12,4	
		1,62/1,83	1	12	24			6,68	253		1,77	12,2	
		1,4 1,61	1	16	32	1—7	Δ YY	6,76	255	0,73	3,19	12,2	
		1,5 1,71	2	7	28			6,8	257		0,151	12,4	
		1,62/1,83	1	12	24			6,66	252		0,441	12,2	
		1,4 1,61	1	16	32			6,83	257		0,798	12,2	
10,0; 7,35; 3,2 32,8; 1,0	271												56
		1,45/1,66	2	5	20			8,23	208		0,574	10,2	
		1,56 1,77	1	8 и 9	17			8,21	204		1,69	9,85	
		1,35/1,56	1	11	22	1—10	Δ YY	8,3	200	0,9	2,92	9,6	
		1,45/1,66	2	5	20			9,31	236		0,443	10,2	
		1,56/1,77	1	8 и 9	17			9,3	232		0,422	9,85	
		1,35/1,56	1	11	22			9,5	229		0,73	9,6	

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 8-го габарита четырехскоростных 12/8/6/4 полюса

Ста

тор

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η,	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
АО 82-12/8/6/4 1-я обмотка															
		220	34,0										6 140		
2p=12	6	380	19,7	480	77,0	0,60	5,5	1,5	2,5				6 540		2
		500	15,0										6 560		
		220	34,3										4 750		
2p=6	10	380	20,0	960	85,0	0,90	7,0	1,3	2,5				5 070		4
		500	15,0										5 090		
										423/300	180/185	0,55		72	
2-я обмотка															
		220	40,5										7 020		
2p=8	8,5	380	23,5	725	81,0	0,68	6,0	1,2	2,6				6 750		3
		500	18,0										6 650		
		220	44,0										5 130		
2p=4	12,5	380	25,5	1 460	81,0	0,91	7,0	1,0	2,5				4 940		6
		500	19,5										4 840		
АО 83-12/8/6/4 1-я обмотка															
		220	47,0										5 900		
2p=12	8,5	380	27,2	480	79,0	0,60	5,5	1,5	2,6				6 100		2
		500	20,7										6 170		
		220	47,5										4 560		
2p=6	14	380	27,5	960	86,0	0,90	8,0	1,3	2,5				4 750		4
		500	21,0										4 800		
										423/300	250/255	0,55		72	
2-я обмотка															
		220	52,0										6 320		
2p=8	11	380	30,0	725	82,0	0,68	7,0	1,2	2,8				6 240		3
		500	22,8										6 380		
		220	63,0										4 600		
2p=4	18	380	36,5	1 460	82,5	0,91	7,5	1,0	2,5				4 560		6
		500	27,7										4 680		

Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s1}, мм²	d/d'	m_1	$w_{к1}$	$n_{э1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
		1,40/1,69	2	8	32			6,4	242		0,8	12,8	
		1,50/1,80	1	13	26			6,45	227		2,24	11,7	
		1,35/1,64	1	17	34			6,05	225		3,66	12,4	
		1,40/1,69	2	8	32	1—7	Δ/ΔΔ	5,57	210	0,73	0,2	12,8	
		1,50/1,80	1	13	26			5,66	199		0,56	11,7	
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,35/1,64	1	17	34			5,24	195		0,915	12,4	56
		1,40/1,69	2	5	20			7,6	179		0,626	9,82	
		1,45/1,74	1	9	18			8,23	187		2,1	9,35	
		1,25/1,54	1	12	24	1—10	Δ/ΔΔ	8,5	191	0,9	3,78	9,35	
		1,40/1,69	2	5	20			7,15	168		0,157	9,82	
		1,45/1,74	1	9	18			7,73	175		0,525	9,35	
		1,25/1,54	1	12	24			7,92	179		0,945	9,35	
		1,56/1,86	2	6	24			7,1	250		0,576	14,18	
		1,68/1,99	1	10	20			7,06	240		1,65	13,4	
		1,50/1,80	1	13	26			6,77	238		2,67	13,94	
		1,56/1,86	2	6	24	1—7	Δ/ΔΔ	6,2	218	0,87	0,144	14,18	
		1,68/1,99	1	10	20			6,2	210		0,412	13,4	
10,0; 7,35; 3,2 / 32,8; 1,0	271	1,50/1,80	1	13	26			5,95	209		0,667	13,94	56
		1,56/1,86	2	4	16			7,85	184		0,465	11,27	
		1,68/1,99	1	7	14			7,8	185		1,41	11,15	
		1,50/1,80	1	9	18			7,48	182		2,26	11,5	
		1,56/1,86	2	4	16	1—10	Δ/ΔΔ	8,23	193	1,04	0,116	11,27	
		1,68/1,99	1	7	14			8,21	195		0,352	11,15	
		1,50/1,80	1	9	18			7,85	191		0,565	11,5	

* Паз статора выполнен по форме № 5, паз ротора—по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД.

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении:
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные.

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении:
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей

Тип электродвигателя	Рном, квт	Uном, в	Iном, а	nном, об/мин	cos φ	Iпуск / Iном	Mпуск / Mном	Mмакс / Mном	Da1 / Da2	l1 / l2	δ, мм	Bδ, гс	z1	q1	Сталь
А 91-8,4															
		220	104,0									8 040			
2p=8	28	380	60,5	730	88,0	0,80	6,0	1,4	2,3			8 100		3	
		500	46,0									8 150			
		220	128,0						493/350	160/165	0,6	5 850	72		
2p=4	40	380	74,0	1 470	89,0	0,92	6,5	1,5	2,5			5 950		6	
		500	56,0									5 960			
А 92-8,4															
		220	147,0									8 270			
2p=8	40	380	85,3	730	89,0	0,80	6,0	1,4	2,3			8 160		3	
		500	65,0									8 050			
		220	174,0						493/350	220/225	0,6	6 020	72		
2p=4	55	380	101,0	1 470	90	0,92	6,5	1,5	2,5			5 970		6	
		500	77,0									5 890			
АО 93-8,4															
		220	103,0									7 280			
2p=8	28	380	60,0	730	89,0	0,80	7,5	1,6	2,4			7 510		3	
		500	45,5									7 610			
		220	125,0						493/350	250/255	0,6	5 300	72		
2p=4	40	380	73,0	1 470	89,0	0,94	8,0	1,6	2,6			5 510		6	
		500	55,5									5 570			
АО 94-8,4															
		220	147,0									7 580			
2p=8	40	380	85,5	730	89,0	0,80	7,5	1,6	2,4			7 350		3	
		500	65,0									7 350			
		220	172,0						493/350	320/325	0,6	5 530	72		
2p=4	55	380	99,0	1 470	89,5	0,94	8,0	1,6	2,6			5 400		6	
		500	75,5									5 400			

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена:
у электродвигателей серии А проводом ПЭЛБО;
„ „ АО проводом ПСД.

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей
с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм;
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или
два слоя пленкокартона по 0,3 мм
с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная—0,2 мм, подклеенные.

единой серии А и АО 9-го габарита двухскоростных 8/4 полюса

Тип

Размеры паза* b; b'; b''; h; l, мм	Qs1, мм²	d/d'	m1	w'к1	n'з1	y1	a1	Сопряжение фаз	Jэ1, а/мм²	Aэ1, а²/см⁴	Iэл1, а	r, ом	Gc, кг	z2	Ротор
		1,68/1,89	3	8 и 9	51		2		4,51	331		0,125	7,25		
		1,56/1,77	2	14 и 15	58		2		4,57	332		0,368	34,4		
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,40/1,61	2	19	76	1—10	2	Δ/ΔΔ	4,33	331	0,92	0,600	36,2	56	
		1,68/1,89	3	8 и 9	51		2		4,8	356		0,308	35,25		
		1,56/1,77	2	14 и 15	58		2		4,83	352		0,092	34,4		
		1,40/1,61	2	19	76		2		4,55	348		0,150	36,2		
		1,56/1,77	5	6	60		2		4,44	334		0,069	40,8		
		1,50/1,71	3	10 и 11	63		2		4,65	339		0,216	39,25		
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,62/1,83	2	14	56	1—10	2	Δ/ΔΔ	4,56	345	1,04	0,372	40,4	56	
		1,56/1,77	5	6	60		2		4,55	342		0,0172	40,8		
		1,50/1,71	3	10 и 11	63		2		4,76	348		0,054	39,25		
		1,62/1,83	2	14	56		2		4,67	353		0,093	40,4		
		1,50/1,80	5	6	60		2		3,37	234		0,079	41,2		
		1,50/1,80	3	10	60		2		3,26	227		0,218	40,6		
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,68/1,99	2	13	52	1—10	2	Δ/ΔΔ	2,96	224	1,1	0,34	43,6	56	
		1,50/1,80	5	6	60		2		3,54	246		0,0197	41,2		
		1,50/1,80	3	10	60		2		3,45	240		0,0545	40,6		
		1,68/1,99	2	13	52		2		3,12	236		0,085	43,6		
		1,62/1,92	6	4 и 5	54		2		3,44	250		0,0475	48,8		
		1,50/1,80	4	8	64		2		3,5	258		0,148	49,0		
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,50/1,80	3	10 и 11	63	1—10	2	Δ/ΔΔ	3,54	258	1,24	0,258	48,0	56	
		1,62/1,92	6	4 и 5	54		2		3,48	254		0,0119	48,8		
		1,50/1,80	4	8	64		2		3,5	260		0,037	49,0		
		1,50/1,80	3	10 и 11	63		2		3,56	260		0,0645	48,0		

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей
с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм;
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или
два слоя пленкокартона по 0,3 мм.
с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора—алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А и АО 9-го габарита двухскоростных 12/6 полюсов

Тип электродвигателя	$P_э$, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_{l_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 91-12/6 2p=12	18	220	88,0	485	84,0	0,64	4,0	1,1	1,9	493/350	160/165	0,6	7 940	72	2
		380	50,9										8 200		
		500	38,7										8 100		
2p=6	28	220	95,0	975	88,0	0,88	6,0	1,2	2,2				6 120		4
		380	55,0										6 360		
		500	41,8										6 290		
А 92-12/6 2p=12	25	220	121,0	485	84,5	0,64	4,0	1,1	1,9	493/350	220/225	0,6	8 000	72	2
		380	70,2										8 150		
		500	53,5										8 150		
2p=6	40	220	134,0	975	89,0	0,88	6,0	1,2	2,2				6 180		4
		380	77,6										6 330		
		500	59,1										6 300		
АО 93-12/6 2p=12	18	220	86,5	485	84,0	0,65	4,5	1,4	2,1	493/350	250/255	0,6	7 000	72	2
		380	50,0										7 160		
		500	38,2										7 160		
2p=6	28	220	94,0	975	88,0	0,89	6,5	1,4	2,5				5 440		4
		380	54,3										5 570		
		500	41,5										5 550		
АО 94-12/6 2p=12	25	220	119,0	485	84,5	0,65	4,5	1,4	2,1	493/350	320/325	0,6	7 140	72	2
		380	69,0										7 260		
		500	52,5										7 370		
2p=6	40	220	132,0	975	89,0	0,89	6,5	1,4	2,5				5 530		4
		380	77,0										5 640		
		500	58,5										5 700		

Статор: Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s_1}, мм²	d/d'	m_1	$\omega_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Соединение фаз	Δ_1, а/мм²	A, а/см	l_{m1}, м	r, ом	G_{cu}, кг	Ротор: z_2
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,40/1,61	2	18	72	1—7	3	Δ/ΥΥ	5,52	400	0,76	0,208	28,6	56
		1,56/1,77	1	30	60		3		5,12	386		0,558	29,2	
		1,35/1,56	1	40	80		3		5,21	392		0,993	29,25	
		1,40/1,61	2	18	72		3		5,15	374		0,052	28,6	
		1,56/1,77	1	30	60		3		4,8	360		0,14	29,2	
		1,35/1,56	1	40	80		3		4,86	365		0,248	29,25	
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,35/1,56	3	13	78	1—7	3	Δ/ΥΥ	5,43	398	0,88	0,124	33,6	56
		1,25/1,46	2	22	88		3		5,52	390		0,368	32,4	
		1,56/1,77	1	29	58		3		5,4	393		0,625	33,6	
		1,35/1,56	3	13	78		3		5,2	380		0,031	33,6	
		1,25/1,46	2	22	88		3		5,28	373		0,092	32,4	
		1,56/1,77	1	29	58		3		5,15	374		0,156	33,6	
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,68/1,99	2	13	52	1—7	3	Δ/ΥΥ	3,75	284	0,94	0,129	37,8	56
		1,20/1,49	2	22	88		3		4,25	278		0,43	33,0	
		1,56/1,86	1	29	58		3		3,85	280		0,667	36,0	
		1,68/1,99	2	13	52		3		3,52	267		0,032	37,8	
		1,20/1,49	2	22	88		3		4,0	260		0,107	33,0	
		1,56/1,86	1	29	58		3		3,62	263		0,167	36,0	
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,50/1,80	3	10	60	1—7	3	Δ/ΥΥ	4,33	300	1,08	0,0955	40,5	56
		1,45/1,74	2	17	68		3		4,02	296		0,26	42,5	
		1,20/1,49	2	22	88		3		4,48	292		0,492	38,0	
		1,50/1,80	3	10	60		3		4,15	288		0,0239	40,5	
		1,45/1,74	2	17	68		3		3,88	286		0,065	42,5	
		1,20/1,49	2	22	88		3		4,3	281		0,123	38,0	

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка двухслойная в заводском исполнении выполнена: у электродвигателей серии А проводом ПЭЛБО; у электродвигателей серии АО проводом ПСД.

2. Изоляция паза статора в заводском исполнении выполнена у электродвигателей

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 " 0,2 мм;
электрокартон ЭВ " 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

с проводом ПСД:
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подклеенные.

3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении выполнена у электродвигателей:

с проводом ПЭЛБО:
электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм;
лакоткань ЛХ-1 " 0,2 мм;
электрокартон ЭВ 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.

с проводом ПСД
микакартон толщиной 0,4 мм и
стеклолакоткань черная — 0,2 мм, склеенные вместе.

4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей

Ста

Тип электродвигателя	P_{2}, кВт	U_{1}, В	I_{1}, А	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_{δ}, Тс	z_1	q_1
4А[illegible]	30	[illegible]	77,0	730	90,5	0,80	5,0	1,5	2,4	293/340	230/255	0,6	7 944	72	3
			45,0										6 650		
			34,0										7 100		
			91,0	1 470	91,0	0,92	6,0	1,4	2,6				5 810		6
4А[illegible]	30	[illegible]	54,5										5 034		
			41,0										5 180		
			82,0	980	89,0	0,90	6,5	1,5	2,6				6 470		4
			49,0										6 490		
			7,4										6 550		
			108,0	730	90,0	0,80	7,0	1,5	2,4				6 810		3
4А[illegible]	37	[illegible]	65,5										6 540		
			40,5										7 050		
			110,0	1 470	91,0	0,92	6,0	1,4	2,5	293/340	230/255	0,6	4 970	72	6
4А[illegible]	37	[illegible]	66,0										4 800		
			49,0										5 130		
			132,0	980	90,0	0,90	6,5	1,5	2,5				6 750		4
4А[illegible]	37	[illegible]	79,0										7 000		
			58,5										6 570		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.
1) Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО. 2. Изоляция паза статора [illegible] в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка и кольца [illegible] — [illegible].

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой

Ста

Тип [illegible]	K_{2}, кВт	U_{1}, В	I_{1}, А	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_{δ}, Тс	z_1	q_1
4А[illegible]	30	[illegible]	77,0	730	90,5	0,80	5,0	1,5	2,4	293/340	230/255	0,6	7 944	72	3
			45,0										6 650		
			34,0										7 100		
			91,0	1 470	91,0	0,92	6,0	1,4	2,6				5 810		6
4А[illegible]	30	[illegible]	54,5										5 034		
			41,0										5 180		
			82,0	980	89,0	0,90	6,5	1,5	2,6				6 470		4
4А[illegible]	37	[illegible]	49,0										6 490		
			7,4										6 550		
			108,0	730	90,0	0,80	7,0	1,5	2,4				6 810		3
4А[illegible]	37	[illegible]	65,5										6 540		
			40,5										7 050		
			110,0	1 470	91,0	0,92	6,0	1,4	2,5	293/340	230/255	0,6	4 970	72	6
4А[illegible]	37	[illegible]	66,0										4 800		
			49,0										5 130		
			132,0	980	90,0	0,90	6,5	1,5	2,5				6 750		4
4А[illegible]	37	[illegible]	79,0										7 000		
			58,5										6 570		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.
1) Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора [illegible] в заводском исполнении: микалентой толщиной 0,4 мм и стеклолакотканью черной толщиной 0,2 мм, склеенные между собой. 3. Короткозамкнутая обмотка и кольца — алюминиевые.

единой серии А 9-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

Ротор

Размеры паза*, $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	$Q_{эф}$, мм²	d/d'	m_1	c_{E_1}	$n_{э_1}$	a_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, А/мм²	l_1, А/см	t_{m_1}, ч	r_1, ом	G_{Cu_1}, кг	z_1
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,40/1,61	4	4 и 5	36	1—10	—	Δ ΔΔ	7,41	269	0,68	0,30	15,82	56
		1,50/1,71	2	6	32		—		7,26	263		0,82	16,1	
		1,25/1,46	2	11	44		—		8,15	295		1,07	15,7	
		1,40/1,61	4	4 и 5	36		—		7,8	282		0,075	15,82	
		1,50/1,71	2	6	32		—		7,84	283		0,206	16,1	
		1,25/1,46	3	11	44		—		8,6	311		0,103	15,7	
		1,40/1,61	3	6	36	1—11	3	Δ	6,44	233	0,96	0,057	18,3	
		1,25/1,46	3	11	44		3		7,0	248		0,20	17,7	
		1,40/1,61	4	9	36		2		6,21	225		0,291	18,15	
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,62/1,83	4	4 и 4	24	1—10	—	Δ/ΔΔ	7,65	289	0,98	0,175	19,43	56
		1,40/1,61	3	6	36		—		7,91	286		0,535	18,6	
		1,50/1,71	2	9	36		—		7,93	329		0,93	21,0	
		1,62/1,83	4	3 и 4	24		—		8,25	312		0,044	19,13	
		1,40/1,61	3	6	36		—		8,2	299		0,134	18,6	
		1,50/1,71	2	9	36		—		8,5	354		0,232	21,0	
		1,50/1,77	3	5	30	1—11	3	Δ	7,35	278	1,08	0,044	21,2	
		1,50/1,71	2	8	32		3		6,95	295		0,115	20,7	
		1,62/1,83	2	6	24		2		6,7	257		0,197	21,17	

в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм. 4. Короткозамкнутая обмотка и кольца

серии АО 9-го габарита трехскоростных 8/6/4 полюса

Ротор

Размеры паза*, $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	$Q_{эф}$, мм²	d/d'	m_1	c_{E_1}	$n_{э_1}$	a_1	a_1	Сопряжение фаз	Δ_1, А/мм²	I_1, А/см	t_{m_1}, ч	r_1, ом	G_{Cu_1}, кг	z_1
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,68/1,99	4	3	24	1—10	—	Δ/ΔΔ	5,0	1,5	1,01	0,148	19,6	56
		1,20/1,49	4	5 и 6	44		—		5,74	188		0,53	18,9	
		1,56/1,86	2	7	28		—		5,44	180		0,803	19,9	
		1,68/1,99	4	3	24		—		5,29	185		0,037	19,6	
		1,20/1,49	4	5 и 6	44		—		6,01	199		0,132	18,9	
		1,56/1,86	2	7	28		—		5,42	193		0,20	19,9	
		1,68/1,99	3	4	24	1—11	3	Δ	4,25	148	1,14	0,032	21,5	
		1,20/1,49	3	7	42		3		4,5	140		0,11	19,4	
		1,35/1,64	2	9	36		3		4,35	147		0,167	20,7	
		1,50/1,80	6	2 и 3	30		—		5,9	205		0,117	26,8	
		1,62/1,92	3	4 и 5	27		—		5,85	214		0,362	22,9	
		1,20/1,49	4	5 и 6	44		—		6,05	195		0,095	20,95	
		1,50/1,80	6	2 и 3	30	1—10	—	Δ/ΔΔ	6,24	218	1,18	0,029	26,8	
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,62/1,92	3	4 и 5	27		—		6,27	225		0,09	22,9	56
		1,20/1,49	4	5 и 6	44		—		6,5	212		0,151	20,95	
		1,68/1,99	4	3	24		1		4,55	158		0,02	24,4	
		1,56/1,86	3	5	30	1—11	1	Δ	4,07	143	1,23	0,052	26,0	
		1,50/1,86	2	7	28		4		4,49	161		0,11	23,8	

в заводском исполнении: микалентой толщиной 0,1 мм и стеклолакотканью черной толщиной 0,2 мм, подклеенные 3. Междуслойная прозамкнутая обмотка и кольца — алюминиевые.

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии А 9-го габарита четырехскоростных 12/8/6/4 полюса

Тип электродвигателя	P_2, квт	U, в	I, а	n, об/мин	η	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Статор: $\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{t_1}}{l_{t_2}}$	δ, мм	B_δ, гс	z_1	q_1
А 91-12/8/6/4 1-я обмотка															
		220	60,5										7 950		
2p=12	12	380	35,0	470	79,0	0,66	4,0	1,6	2,0				7 480		2
		500	26,6										7 750		
		220	68,0										6 130		
2p=6	20	380	39,0	950	85,0	0,90	6,0	1,5	2,3				5 810		4
		500	30,0							493/350	160/165	0,6	5 990	72	
2-я обмотка															
		220	71,5										7 600		
2p=8	17	380	41,2	715	82,5	0,76	5,0	1,3	2,3				7 370		3
		500	31,4										7 040		
		220	85,0										5 530		
2p=4	25	380	49,1	1 440	84,0	0,92	5,5	1,2	2,3				5 410		6
		500	37,5										5 150		
А 92-12/8/6/4 1-я обмотка															
		220	84,5										6 900		
2p=12	17	380	49,1	470	80,0	0,66	4,0	1,6	2,0				7 470		2
		500	37,2										7 850		
		220	94,0										5 360		
2p=6	28	380	54,7	950	85,5	0,91	6,0	1,5	2,3				5 800		4
		500	41,7							493/350	220/225	0,6	6 070	72	
2-я обмотка															
		220	100,0										7 080		
2p=8	24	380	57,7	715	83,0	0,76	5,0	1,3	2,3				7 140		3
		500	44,0										7 020		
		220	121,0										5 170		
2p=4	36	380	70,5	1 440	84,5	0,92	5,5	1,2	2,3				5 240		6
		500	53,5										5 150		

Ротор: Размеры паза* $\frac{b;\ b';\ b''}{h;\ l}$, мм	Q_{s1}, мм	d/d'	m_1	w_{k1}	$n_{э1}$	y_1	Сопряжение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{m1}, м	r, ом	G_{Cu}, кг	z_2
		1,50/1,71	3	6	36			6,6	275		0,352	15,65	
		1,08/1,29	3	11	66			7,35	291		1,24	15,4	
		1,68/1,89	1	14	28	1—7	Δ/ΔΔ	6,94	282	0,74	1,98	15,48	
		1,50/1,71	3	6	36			6,41	268		0,088	15,65	
		1,08/1,29	3	11	66			7,1	281		0,31	15,4	
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,68/1,89	1	14	28			6,75	275		0,495	15,48	56
		1,30/1,51	4	4 и 5	36			7,78	243		0,328	15,2	
		1,35/1,56	2	8	32			8,3	250		1,07	14,35	
		1,16/1,37	2	11	44	1—10	Δ/ΔΔ	8,55	262	0,92	2,01	14,5	
		1,30/1,51	4	4 и 5	36			8,0	250		0,082	15,2	
		1,35/1,56	2	8	32			8,58	258		0,267	14,35	
		1,16/1,37	2	11	44			8,87	270		0,503	14,5	
		1,62/1,83	3	5	30			7,9	320		0,293	18,4	
		1,25/1,46	3	8	48			7,71	298		0,785	17,45	
		1,12/1,33	3	10	60	1—7	Δ/ΔΔ	7,28	282	0,86	1,22	17,45	
		1,62/1,83	3	5	30			7,6	308		0,0733	18,4	
		1,25/1,46	3	8	48			7,44	287		0,196	17,45	
11,5; 8,4; 3,7 / 38,0; 1,0	363	1,12/1,33	3	10	60			7,05	274		0,305	17,45	56
		1,20/1,41	6	3 и 4	42			8,5	265		0,226	17,15	
		1,30/1,51	3	6	36			8,4	263		0,66	17,0	
		1,40/1,61	2	8	32			8,25	266		1,14	17,4	
		1,20/1,41	6	3 и 4	42	1—10	Δ/ΔΔ	8,9	278	1,04	0,056	17,15	
		1,30/1,51	3	6	36			8,85	278		0,165	17,0	
		1,40/1,61	2	8	32			8,7	280		0,285	17,4	

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора—по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПЭЛБО.
2. Изоляция паза статора в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.
3. Междуслойная прокладка в заводском исполнении: электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм; лакоткань ЛХ-1 толщиной 0,2 мм; электрокартон ЭВ толщиной 0,2 мм или два слоя пленкокартона по 0,3 мм.
4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора—алюминиевые.

406—2

Основные обмоточно-расчетные данные электродвигателей единой серии АО 9-го габарита четырехскоростных 12/8/6/4 полюса

Ста

Тип электродвигателя	P_{2}, квт	U_{1}, в	I_{1}, а	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{D_{a_1}}{D_{i_1}}$	$\frac{l_{1_1}}{i_{1_2}}$	δ, мм	B_{δ}, кгс	z_1	q_1
АО 93-12/8/6/4 1-я обмотка $2p=12$	12	220	66,5	480	79,0	0,60	6,0	1,5	2,6				6 080		2
		380	38,5										6 580		
		500	29,3										6 850		
$2p=6$	20	220	68,0	970	86,0	0,90	7,5	1,3	2,5				4 720		4
		380	39,0										5 100		
		500	30,0							493/350	250/255	0,6	5 370	72	
2-обмотка $2p=8$	17	220	79,0	730	83,0	0,68	7,0	1,2	2,8				7 290		3
		380	45,8										6 850		
		500	34,8										7 100		
$2p=4$	25	220	87,0	1 470	83,0	0,91	8,0	1,0	2,5				5 300		6
		380	50,5										5 030		
		500	38,4										5 180		
АО 94-12/8/6/4 1-я обмотка $2p=12$	17	220	93,0	480	80,0	0,60	6,0	1,5	2,6				7 150		2
		380	54,0										6 860		
		500	41,0										6 750		
$2p=6$	28	220	95,0	970	86,0	0,90	7,5	1,3	2,5				5 540		4
		380	55,0										5 330		
		500	41,9										5 250		
2-я обмотка $2p=8$	24	220	110,0	730	84,0	0,68	7,0	1,2	2,8	493/350	320/325	0,6	6 800	72	3
		380	64,0										6 540		
		500	48,5										7 040		
$2p=4$	36	220	124,0	1 470	83,5	0,91	8,0	1,0	2,5				4 970		6
		380	72,0										4 800		
		500	55,0										5 150		

* Паз статора выполнен по форме № 3, паз ротора — по форме № 4.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПСД. 2. Изоляция паза статора в
кладка в заводском исполнении: микакартон толщиной 0,4 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, склеенные вместе. 4. Коротко-

единой серии АО 9-го габарита четырехскоростных 12/8/6/4 полюса

тор

Размеры паза $b; b'; b''$ — , мм $h; l$	Q, мм²	d/d'	m_1	$n_{к_1}$	$n_{э_1}$	y_1	a_1	Соединение фаз	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	l_{ml_1}, м	$r_{ст}$, ом	G_{Cu_1}, кг	z_2
11,5; 8,4; 3,7 38,0; 1,0	363	1,56/1,86	3	5	30	1—7	—	Δ/ΔΔ	6,69	252	0,92	0,338	18,8	56
		1,50/1,80	2	8	32		—		6,3	233		0,875	18,3	
		1,35/1,64	2	10	40		—		5,9	221		1,35	18,6	
		1,56/1,86	3	5	30		—		5,93	223		0,0845	18,8	
		1,50/1,80	2	8	32		—		5,51	204		0,219	18,3	
		1,35/1,64	2	10	40		—		5,23	196		0,338	18,6	
		1,56/1,86	4	3	24	1—10	—	Δ/ΔΔ	5,97	180	1,10	0,228	17,88	
		1,62/1,92	2	5 и 6	22		—		6,4	190		0,728	17,32	
		1,40/1,69	2	7	28		—		6,54	184		1,21	16,55	
		1,56/1,86	4	3	24		—		5,68	171		0,057	17,88	
		1,62/1,92	2	5 и 6	22		—		6,12	182		0,182	17,32	
		1,40/1,69	2	7	28		—		6,25	176		0,304	16,55	
11,5; 8,4; 3,7 38,0; 1,0	363	1,35/1,64	2	10	40	1—7	3	Δ/ΔΔ	6,25	235	1,06	0,172	20,7	56
		1,45/1,74	3	6	36		—		6,3	246		0,542	22,3	
		1,56/1,86	3	8	32		—		6,19	248		0,935	22,75	
		1,35/1,64	2	10	40		3		5,52	208		0,043	20,7	
		1,45/1,74	3	6	36		—		5,55	216		0,136	22,3	
		1,56/1,86	2	8	32		—		5,48	220		0,234	22,75	
		1,35/1,64	6	2 и 3	30	1—10	—	Δ/ΔΔ	7,4	208	1,24	0,151	19,2	
		1,45/1,74	3	4 и 5	27		—		7,46	218		0,475	19,3	
		1,62/1,92	2	5 и 6	22		—		6,8	202		0,695	19,5	
		1,35/1,64	6	2 и 3	30		—		7,21	203		0,0378	19,2	
		1,45/1,74	3	4 и 5	27		—		7,26	212		0,119	19,3	
		1,62/1,92	2	5 и 6	22		—		6,67	198		0,174	19,5	

заводском исполнении: микакартон толщиной 0,1 мм и стеклолакоткань черная толщиной 0,2 мм, подложенная. 3. Ма[illegible] пре-
замкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Обмоточные данные асинхронных электродвигателей серии 4А-160

Тип						Статор												Ротор							
160S-2Б																									
160S-4																									
160S-6																									
160S-8																									
160M-2																									
160M-4																									
160M-6																									
160M-8																									
160M-10																									
160L-2																									
160L-4																									
160L-6																									
160L-8																									
160L-10																									

* Паз статора изолирован по форме № 3, паз ротора—по форме № 9.

Примечания: 1. Обмотка статора и конденсаторы [illegible]

2. Короткозамкнутая обмотка ротора из алюминия—алюминиевая.

3. [illegible]

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии 4А-180

Тип						Статор												Ротор							
180S-2																									
180S-4																									
180S-6																									
180S-8																									
180M-2																									
180M-4																									
180M-6																									
180M-8																									
180M-10																									
180L-2																									
180L-4																									
180L-6																									
180L-8																									
180L-10																									

* Паз статора изолирован по форме № 3, паз ротора—по форме № 9.

Примечания: 1. [illegible]

2. Обмотка ротора алюминиевая, литая.

3. [illegible]

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-140

Тип	P_2, квт	$2p$	n_c, об/мин	U, в	I, а	$\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	D_a, мм	l_f, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_f}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{w_1}$	Размеры паза $\frac{a\times 2r\times h}{s\times h_1}$	$n_{э_1}$	d/d', мм	y_1	a_1	Сопряжение фаз	l_m, мм	r, ом	B_δ, гс	A, а/см	Δ, а/мм²	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
143-1/6	8,0	6	1 000	127/220	52,5/30,3	225/70	327	135	0,55/118	1,143	36	2/84	13,7×9,9×27,7/3×0,6	14 тр.	1,81/2,06	1—6	1	Δ/Д	665/2	0,127	4 460	216	3,92	11,8	[illegible]
143-1/6	8,0	6	1 000	220/380	30,3/17,5	225/70	327	135	0,55/118	1,143	36	2/144	13,7×9,9×27,7/3×0,6	24 дв.	1,68/1,93	1—6	1	Δ/Д	665/2	0,379	4 500	214	3,94	11,8	[illegible]
143-1/6	8,0	6	1 000	500	13,3	225/70	327	135	0,55/118	1,143	36	2/186	13,7×9,9×27,7/3×0,6	31 дв.	1,45/1,7	1—6	1	Д	665/2	0,[illegible]	4 [illegible]80	210	4,03	11,[illegible]	[illegible]
143-2/6	11	6	1 000	127/220	71/41	225/70	327	190	0,55/118	1,61	36	2/60	13,7×9,9×27,7/3×0,6	20 дв.	1,81/2,06	1—6	2	Δ/Д	775/2	0,0[illegible]	4 440	[illegible]	4,0[illegible]	1[illegible],2	[illegible]
143-2/6	11	6	1 000	220/380	41/23,7	225/70	327	190	0,55/118	1,61	36	2/102	13,7×9,9×27,7/3×0,6	17 тр.	1,56/1,81×2+1,68/1,93	1—6	1	Δ/Д	775/2	0,33	4 540	205	3,93	13,2	[illegible]
143-2/6	11	6	1 000	500	18	235/70	327	190	0,55/118	1,61	36	2/132	13,7×9,9×27,7/3×0,6	22 дв.	1,68/1,93+1,81/2,06	1—6	1	Д	775/2	0,375	4 600	202	3,76	13,5	46
143-1/8	6,5	8	750	127/220	46/26,5	235/70	327	135	0,5/92,5	1,46	48	2/104	10,5×7,3×27,7/3×0,6	13 тр.	1,56/1,81+1,45/1,7×2	1—6	1	Δ/Д	615/2	0,215	4 610	224	5,08	9,2	60
143-1/8	6,5	8	750	220/380	26,5/15,4	235/70	327	135	0,5/92,5	1,46	48	2/176	10,5×7,3×27,7/3×0,6	22 дв.	1,45/1,7+1,35/1,6	1—6	1	Δ/Д	615/2	0,615	4 700	220	4,95	9,2	60
143-1/8	6,5	8	750	500	11,7	235/70	327	135	0,5/92,5	1,46	48	2/232	10,5×7,3×27,7/3×0,6	29	1,74/1,99	1—6	1	Д	615/2	1,06	4 680	220	4,87	9,4	60
143-2/8	8,5	8	750	127/220	59/34,1	235/70	327	190	0,5/92,5	2,055	48	2/72	10,5×7,3×27,7/3×0,6	18 дв.	1,56/1,81+1,68/1,93	1—6	2	Δ/Д	725/2	0,111	4 720	198	4,13	11,5	60
143-2/8	8,5	8	750	220/380	34,1/19,7	235/70	327	190	0,5/92,5	2,055	48	2/128	10,5×7,3×27,7/3×0,6	16 дв.	1,68/1,93+1,81/2,06	1—6	1	Δ/Д	725/2	0,34	4 600	205	4,12	12,[illegible]	60
143-2/8	8,5	8	750	500	15,0	235/70	327	190	0,5/92,5	2,055	48	2/168	10,5×7,3×27,7/3×0,6	21 дв.	1,45/1,7+1,56/1,81	1—6	1	Д	775/2	0,6	4 62[illegible]	205	4,22	12,[illegible]	60

* Паз статора выполнен по форме № 8, паз ротора — по форме № 9.
Примечания: 1. Обмотка статора (развалка) в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. Скос паза ротора — на одно пазовое деление статора.
3. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-140

Тип	P_2, квт	$2p$	n_c, об/мин	U, в	$I_н$, а	$\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	D_a, мм	l_f, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_f}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{w_1}$	Размеры паза $\frac{a\times 2r\times h}{s\times h_1}$	$n_{э_1}$	d/d', мм	y_1	a_1	Сопряжение фаз	l_m, мм	r, ом	B_δ, гс	A, а/см	Δ, а/мм²	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
144-1/4	21,5	4	1 500	220/380	73,5/42,5	260/80	394	160	0,7/204	0,785	48	4/64	11,2×8,5×27,5/3×0,6	16 дв.	1,81/2,06	1—10 1—12	2	Δ/Д	[illegible]/2	0,0915	4 960	209	4,11	15,7	38
144-1/4	21,5	4	1 500	500	32,3	260/80	394	160	0,7/204	0,785	48	4/88	11,2×8,5×27,5/3×0,6	11 тр.	1,81/2,06	1—10 1—12	1	Д	865/2	0,1[illegible]3	4 720	2[illegible]	4,2	16,2	38
144-2/4	29	4	1 500	220/380	97/56	260/80	394	220	0,7/204	1,07	48	4/[illegible]	11,2×8,5×27,5/3×0,6	12 тр.	1,81/2,06+(1,68/1,93×2)	1—10 1—12	2	Δ/Д	985/2	0,05[illegible]	4 820	197	3,99	13,3	38
144-2/4	29	4	1 500	500	42,[illegible]	260/80	394	220	0,7/204	1,073	48	4/64	11,2×8,5×27,5/3×0,6	16 дв.	1,[illegible]/2,06+1,[illegible]/2,2	1—10 1—12	2	Д	985/2	0,099	4 7[illegible]	197	3,88	19,4	38
144-1/6	16,5	6	1 000	220/380	60/34,5	280/80	394	160	0,6/146,5	1,002	54	3/90	10,8×8,1×28/3×0,6	10 четв.	(1,56/1,81×2)+(1,68/1,93×2)	1—8 1—10	1	Δ/Д	760/2	0,115	4 910	212	4,19	[illegible]	50
144-1/6	16,5	5	1 000	500	26,2	280/80	394	160	0,6/146,5	1,002	54	3/117	10,8×8,1×28/3×0,6	13 тр.	1,56/1,81+(1,68/1,93×2)	1—8 1—10	1	Д	760/2	0,215	4 [illegible]0	209	4,11	15,6	50
144-2/6	21,5	6	1 000	220/380	77/44,5	280/80	394	220	0,6/146,5	1,502	54	3/66	10,8×8,1×28/3×0,6	12 дв.	1,56/1,81+1,45/1,7	1—8 1—10	3	Δ/Д	880/2	0,[illegible]	[illegible]	2[illegible]	4,16	17,1	[illegible]
144-2/6	21,5	6	1 000	500	33,[illegible]	280/80	394	220	0,6/146,5	1,502	54	3/[illegible]	10,8×8,1×28/3×0,6	10 четв.	(1,56/1,81×2)+(1,68/1,93×2)	1—8 1—10	1	Д	880/2	0,163	4 540	207	4,6[illegible]	17,5	[illegible]
144-1/6	11	8	750	127/220	76/44	300/80	394	160	0,6/118	1,357	48	2/68	12,9×10,2×21,7/3×0,6	17 тр.	(1,45/1,7×2)×1,56/1,81	1—6	2	Δ/Д	705/2	0,081	4 650	191	4,2[illegible]	13,6	60
144-1/8	11	8	750	220/380	44/25,4	300/80	394	160	0,6/118	1,357	48	2/120	12,9×10,2×21,7/3×0,6	15 тр.	1,56/1,81	1—6	1	Δ/Д	705/2	0,258	4 5[illegible]	194	4,43	13,4	60
144-1/8	11	8	750	500	19,3	300/80	394	160	0,6/118	1,357	48	2/152	12,9×10,2×21,7/3×0,6	19 дв.	1,68/1,93+1,81/2,06	1—6	1	Д	705/2	0,393	4 750	187	4,51	14,2	60
144-2/8	15	8	750	127/220	103/59,5	300/80	394	220	0,6/118	1,864	48	2/48	12,9×10,2×21,7/3×0,6	12 тр.	1,81/2,06	1—6	2	Δ/Д	825/2	0,015	4 770	181	3,86	15,8	60
144-2/8	15	3	750	220/380	59,5/34,2	300/80	394	220	0,6/118	1,864	48	2/84	12,9×10,2×21,7/3×0,6	21 дв.	1,56/1,81+1,68/1,93	1—6	2	Δ/Д	825/2	0,147	4 740	183	4,15	15,[illegible]	60
144-2/8	15	8	750	500	26,0	300/80	394	220	0,6/118	1,864	48	2/112	12,9×10,2×21,7/3×0,6	14 тр.	1,56/1,81+(1,68/1,93×2)	1—6	1	Д	825/2	0,251	4 [illegible]	18[illegible]	4,1	16,2	60

* Паз статора выполнен по форме № 8, паз ротора — по форме № 9.
Примечания: 1. Обмотка статора (развалка) в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. Скос паза ротора — на одно пазовое деление статора.
3. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-140

Тип	$P_э$, квт	$2p$	n_c, об/мин	U, в	I, а	Статор: $\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	D_a, мм	l_t, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_t}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{\omega_1}$	Размеры паза*, $a \times h$, мм	$n_{э_1}$	d/d', мм	y_1	a_1	Соединение фаз	l_{m_1}, мм	Ротор z_2
МА 145-1/4	40	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{133,9}{77,4}$	$\frac{300}{100}$	494	180	$\frac{0,7}{235,5}$	0,765	48	$\frac{4}{52}$	8,9×31,2	6+7	$\frac{5,9\times1,25}{6,25\times1,6}$	1—11	2	Δ/Δ	$\frac{1\,085}{2}$	40
МА 145-1/4	40	4	1 500	500	58,6	$\frac{300}{100}$	494	180	$\frac{0,7}{235,5}$	0,769	48	$\frac{4}{64}$	8,9×31,2	4+4	$\frac{5,9\times2,26}{6,25\times2,61}$	1—11	1	Δ	$\frac{1\,085}{2}$	40
МА 145-2/4	53	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{174,8}{101}$	$\frac{300}{100}$	494	230	$\frac{0,7}{235,5}$	0,978	48	$\frac{4}{40}$	8,9×31,2	5+5	$\frac{5,9\times1,68}{6,25\times2,03}$	1—11	2	Δ/Δ	$\frac{1\,165}{2}$	40
МА 145-2/4	53	4	1 500	500	76,5	$\frac{300}{100}$	494	230	$\frac{0,7}{235,5}$	0,978	48	$\frac{4}{52}$	8,9×31,2	6+7	$\frac{5,9\times1,25}{6,25\times1,6}$	1—11	2	Δ	$\frac{1\,165}{2}$	40
МА 146-1/4	72	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{250}{115}$	$\frac{310}{120}$	560	220	$\frac{0,8}{267}$	0,825	48	$\frac{4}{32}$	9,4×35,6	4+4	$\frac{6,4\times2,44}{6,75\times2,79}$	1—11	2	Δ/Δ	$\frac{1\,200}{2}$	40
МА 146-1/4	72	4	1 500	500	110	$\frac{340}{120}$	560	220	$\frac{0,8}{267}$	0,825	48	$\frac{4}{44}$	9,4×35,6	5+6	$\frac{6,4\times1,95}{5,75\times2,3}$	1—11	2	Δ	$\frac{1\,200}{2}$	40
МА 146-2/4	95	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{320}{185}$	$\frac{310}{120}$	560	280	$\frac{0,8}{267}$	1,05	48	$\frac{4}{26}$	9,4×35,6	6+7	$\frac{6,4\times1,56}{6,75\times1,91}$	1—11	4	Δ/Δ	$\frac{1\,320}{2}$	40
МА 146-2/4	95	4	1 500	500	140	$\frac{340}{120}$	560	280	$\frac{0,8}{267}$	1,05	48	$\frac{4}{96}$	9,4×35,6	4+5	$\frac{6,4\times2,26}{6,75\times2,51}$	1—11	2	Δ	$\frac{1\,320}{2}$	40
МА 145-1/6	28	6	1 000	$\frac{220}{380}$	$\frac{35,9}{65,4}$	$\frac{315}{100}$	494	180	$\frac{0,6}{165,5}$	1,087	54	$\frac{3}{81}$	7,7×3,5	4+5	$\frac{4,7\times2,26}{5,05\times2,61}$	1—8	1	Δ/Δ	$\frac{850}{2}$	64
МА 145-1/6	28	6	1 000	500	42	$\frac{315}{100}$	494	180	$\frac{0,6}{165,5}$	1,087	54	$\frac{3}{108}$	7,7×3,5	6+6	$\frac{4,7\times1,68}{5,05\times2,03}$	1—8	1	Δ	$\frac{850}{2}$	64
МА 145-2/6	38	6	1 000	$\frac{220}{380}$	$\frac{130}{75}$	$\frac{315}{100}$	494	230	$\frac{0,6}{165,5}$	1,39	54	$\frac{3}{63}$	7,7×3,5	3+4	$\frac{4,7\times3,05}{5,05\times4,4}$	1—8	1	Δ/Δ	$\frac{950}{2}$	64
МА 145-2/6	38	6	1 000	500	57	$\frac{315}{100}$	494	230	$\frac{0,6}{165,5}$	1,39	54	$\frac{3}{81}$	7,7×3,5	4+5	$\frac{4,7\times2,26}{5,05\times2,61}$	1—8	1	Δ	$\frac{950}{2}$	64

Тип	r, ом	B_δ, гс	A, а/см	Δ_1, а/мм²	G_{Cu}, кг
МА 145-1/4	0,0664	4 870	256	5,32	22,7
МА 145-1/4	0,0906	5 180	239	4,45	20,2
МА 145-2/4	0,0415	4 950	257	5,12	25,9
МА 145-2/4	0,0735	4 990	253	5,27	29,8
МА 146-1/4	0,022	5 750	260	4,84	33,2
МА 146-1/4	0,0575	5 480	272	4,55	36,9
МА 146-2/4	0,0153	5 510	270	4,61	38,2
МА 146-2/4	0,0291	5 220	283	4,86	38,2
МА 145-1/6	0,15	4 570	271	5,27	20,4
МА 145-1/6	0,204	4 500	275	5,34	20,4
МА 145-2/6	0,074	4 570	266	5,19	21,9
МА 145-2/6	0,129	4 680	279	5,34	26,8

* Паз статора выполнен по форме № 10, паз ротора — по форме № 9.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. Скос паза ротора — на одно пазовое деление статора.
3. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-140

Тип	$P_э$, квт	$2p$	n_c, об/мин	U, в	I, а	Статор: $\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	D_a, мм	l_t, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_t}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{\omega_1}$	Размеры паза* $a \times h$, мм	$n_{э_1}$	Размер меди голой / изолированной	y_1	a_1	Соединение фаз	l_{m_1}, мм	Ротор z_2
МА 146-1/6	50	6	1 000	$\frac{220}{330}$	$\frac{168}{97}$	$\frac{370}{120}$	560	220	$\frac{0,7}{193,5}$	1,138	54	$\frac{3}{54}$	9,4×37,2	3+3	$\frac{6,4\times3,53}{6,75\times3,88}$	1—8	1	Δ Δ	$\frac{1\,020}{2}$	64
МА 146-1,6	50	6	1 000	500	71	$\frac{370}{120}$	560	220	$\frac{0,7}{193,5}$	1,138	54	$\frac{3}{72}$	9,4×37,2	4+1	$\frac{6,4\times2,63}{6,75\times2,98}$	1—8	1	Δ	$\frac{1\,020}{2}$	64
МА 146-2/6	65	6	1 000	$\frac{220}{380}$	$\frac{215}{124}$	$\frac{370}{120}$	560	280	$\frac{0,7}{193,5}$	1,446	54	$\frac{3}{42}$	9,4×37,2	7+7	$\frac{6,4\times1,56}{6,75\times1,01}$	1—8	3	Δ/Δ	$\frac{1\,140}{2}$	64
МА 146-2,6	65	6	1 000	500	91,5	$\frac{370}{120}$	560	280	$\frac{0,7}{193,5}$	1,446	54	$\frac{3}{54}$	9,4×37,2	3+3	$\frac{6,4\times3,53}{6,75\times3,88}$	1—8	1	Δ	$\frac{1\,140}{2}$	64
МА 145-1/8	21	8	750	$\frac{220}{380}$	$\frac{77}{41,5}$	$\frac{340}{100}$	494	180	$\frac{0,6}{125,5}$	1,435	72	$\frac{3}{108}$	7,4×33	4+5	$\frac{4,4\times2,1}{4,75\times2,45}$	1—8	1	Δ/Δ	$\frac{850}{2}$	50
МА 145-1/8	21	8	750	500	33,8	$\frac{380}{100}$	494	180	$\frac{0,6}{125,5}$	1,439	72	$\frac{3}{132}$	7,4×33	5+5	$\frac{4,4\times1,68}{4,75\times2,03}$	1—8	1	Δ	$\frac{850}{2}$	50
МА 145-2/8	28	8	750	$\frac{220}{380}$	$\frac{104,1}{60,1}$	$\frac{380}{100}$	494	230	$\frac{0,6}{125,5}$	1,83	72	$\frac{3}{78}$	7,4×33	6+7	$\frac{4,4\times1,35}{4,75\times1,7}$	1—8	2	Δ/Δ	$\frac{950}{2}$	50
МА 145-2/8	28	8	750	500	45,5	$\frac{380}{100}$	494	230	$\frac{0,6}{125,5}$	1,83	72	$\frac{3}{108}$	7,4×33	4+5	$\frac{4,4\times2,1}{4,75\times2,45}$	1—8	1	Δ	$\frac{950}{2}$	50
МА 146-1/8	37	8	750	$\frac{220}{380}$	$\frac{133}{80}$	$\frac{385}{120}$	560	220	$\frac{0,7}{151}$	1,457	72	$\frac{3}{72}$	8,1×34	3+3	$\frac{5,1\times3,53}{5,45\times3,88}$	1—8	1	Δ/Δ	$\frac{950}{2}$	60
МА 146-1,8	37	8	750	500	61	$\frac{385}{120}$	560	220	$\frac{0,7}{151}$	1,457	72	$\frac{3}{96}$	8,1×34	4+1	$\frac{5,1\times2,63}{5,45\times2,98}$	1—8	1	Δ	$\frac{950}{2}$	60
МА 146-2/8	50	8	750	$\frac{220}{380}$	$\frac{185}{107}$	$\frac{385}{120}$	560	280	$\frac{0,7}{151}$	1,853	72	$\frac{3}{54}$	8,1×34	4+5	$\frac{5,1\times2,26}{5,45\times2,61}$	1—8	2	Δ/Δ	$\frac{1\,070}{2}$	60
МА 146-2/8	50	8	750	500	81,5	$\frac{385}{120}$	560	280	$\frac{0,7}{151}$	1,853	72	$\frac{3}{72}$	8,1×34	3+3	$\frac{5,1\times3,53}{5,45\times3,88}$	1—8	1	Δ	$\frac{1\,070}{2}$	60

Тип	r, ом	B_δ, гс	A, а/см	Δ_1, а/мм²	G_{Cu}, кг
МА 146-1/6	0,0433	4 790	270	4,3	39,6
МА 146-1,6	0,078	4 700	275	4,42	34,2
МА 146-2/6	0,0284	4 840	269	4,15	40,0
МА 146-2,6	0,0485	4 950	268	4,19	38,8
МА 145-1/8	0,179	4 510	268	4,97	23,3
МА 145-1/8	0,27	4 820	248	4,7	23,1
МА 145-2/8	0,113	4 890	261	5,23	24,1
МА 145-2/8	0,200	4 540	274	5,03	26,1
МА 146-1/8	0,0674	4 610	286	4,25	34,4
МА 146-1,8	0,121	4 550	290	4,36	34
МА 146-2/8	0,045	4 830	286	4,61	37
МА 146-2/8	0,076	4 730	291	4,45	38,7

* Паз статора выполнен по форме № 10, паз ротора — по форме № 9.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. Скос паза ротора — на одно пазовое деление статора.
3. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-200

Тип	P_2, квт	$2p$	n_1, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: D_1, мм	D_2, мм	l_1, мм	$\frac{t_1}{b_1}$, мм	z_1	$\frac{z_1}{2p}$	Размеры паза* $\frac{a \times b \times h}{h_1}$, мм	$n_{эл}$	d, мм	a_1	a_2	Соединение	$l_{ср}$, мм	r, ом	$P_{эл}$, вт	$s_{ном}$, %	ΔI, а	Δn, об/мин	$\eta_{ном}$, %	$\cos\varphi_{ном}$	Ротор z_2
202-1 4	13	4	1 500	127 220	78 45	180 65	294	115	0,45 141	0,816	36	3 63	9,7×6,1×24,1 3×0,6	21	1,81 2,05	1—8 1—10	2	Δ/Y	321	0,138	5 850	289	8,75	5,75	40
202-1 4	13	4	1 500	220 380	45 26	180 65	294	115	0,45 141	0,816	36	3 108	9,7×6,1×24,1 3×0,6	18	1,95 2,2	1—8 1—10	1	Δ/Y	321	0,409	5 900	248	8,72	[illegible]	[illegible]
202-1 4	13	4	1 500	500	19,8	180 65	294	115	0,45 141	0,816	36	3 144	9,7×6,1×24,1 3×0,6	24	1,68 1,93	1—8 1—10	1	Y	321	0,73	5 820	303	[illegible]	[illegible]	40
202-2 4	17	4	1 500	220 380	57,5 33,2	180 65	294	145	0,45 141	1,028	36	3 90	9,7×6,1×24,1 3×0,6	15 дв.	1,56 1,81	1—8 1—10	1	Δ/Y	351	0,29	5 790	317	[illegible]	6,67	40
202-2 4	17	4	1 500	500	25,2	180 65	294	145	0,45 141	1,028	36	3 114	9,7×6,1×24,1 3×0,6	19	1,95 2,2	1—8 1—10	1	Y	351	0,47	5 900	305	[illegible]	6,6	40
202-1 6	9,1	6	1 000	[illegible] 220	38,7 24	198 65	294	115	0,4 103,5	1,11	54	3 81	7,4×4,7×26,4 3×0,6	19 дв.	1,74 1,99	1—8 1—10	1	Δ Y	285	0,17	4 800	294	7,11	6,07	44
202-1 6	9,1	6	1 000	220 380	24 14,7	198 65	294	115	0,4 103,5	1,11	54	3 144	7,4×4,7×25,4 3×0,6	16	1,88 2,13	1—8 1—10	1	Δ Y	285	0,515	4 760	274	7,07	[illegible]	44
202-1 6	9,1	6	1 000	500	[illegible]	198 65	294	115	0,4 103,5	1,11	54	3 189	7,4×4,7×25,4 3×0,6	21	1,62 1,87	1—8 1—10	1	Y	285	0,915	4 780	274	7,27	6,1	44
202-2 6	11,8	6	1 000	127 220	75 43,3	198 65	294	145	0,4 103,5	1,4	54	3 68	7,4×4,7×25,4 3×0,6	22	1,56 1,81	1—8 1—10	3	Δ Y	315	0,127	4 780	276	7,55	6,36	44
202-2 6	11,8	6	1 000	220 380	43,3 25	198 65	294	145	0,4 103,5	1,4	54	3 117	7,4×4,7×25,4 3×0,6	13 дв.	1,45 1,7	1—8 1—10	1	Δ Y	315	0,392	4 670	282	7,57	6,7	44
202-2 6	11,8	6	1 000	500	19	198 65	294	145	0,4 103,5	1,4	54	3 153	7,4×4,7×25,4 3×0,6	17	1,84 2,05	1—8 1—10	1	Y	315	0,657	4 730	280	7,38	6,55	44

* Паз статора выполнен по форме № 8, паз ротора четырехполюсного — по форме № 11, шестиполюсного — по форме № 2.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в развалку в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. Толщина изоляции паза статора 0,5 мм.
3. Короткозамкнутая обмотка ротора — алюминиевые.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-200

Тип	P_2, квт	$2p$	n_1, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: D_1, мм	D_2, мм	l_1, мм	$\frac{t_1}{b_1}$, мм	z_1	$\frac{z_1}{2p}$	Размеры паза* $\frac{a \times b \times h}{h_1}$, мм	$n_{эл}$	d, мм	a_1	a_2	Соединение	$l_{ср}$, мм	r, ом	$P_{эл}$, вт	$s_{ном}$, %	ΔI, а	Δn, об/мин	$\eta_{ном}$, %	$\cos\varphi_{ном}$	Ротор z_2
202-1 8	6	8	750	127 220	51,2 29,5	198 65	294	115	0,4 81,5	1,408	48	2 [illegible]	[illegible] 3×0,6	17 дв.	1,62 1,87	1—8	1	Δ/Y	270	0,275	5 290	302	5,75	7,05	60
202-1 8	[illegible]	8	750	[illegible] 220	29,5 17,8	198 65	294	115	0,4 81,5	1,408	48	2 [illegible]	[illegible] 3×0,6	20	1,74 1,99	1—8	1	Δ/Y	270	0,828	5 290	293	5,8	7,4	60
202-1 8	[illegible]	8	750	[illegible]	[illegible]	198 65	294	115	0,4 81,5	1,408	48	2 [illegible]	[illegible] 3×0,6	11	1,85 2,1	1—8	1	Y	270	1,65 1,88	5 240	282	5,89	7,4	60
202-2 8	8	8	750	[illegible] 220	51,2 29,5	[illegible] 65	294	145	0,4 81,5	1,777	48	2 [illegible]	[illegible] 3×0,6	12 дв.	1,65 2,00	1—8	1	Δ/Y	300	0,447	4 850	278	6,17	8,2	60
202-2 8	8	8	750	[illegible]	[illegible]	[illegible] 65	294	145	0,4 81,5	1,777	48	2 [illegible]	[illegible] 3×0,6	21	1,75 2,0	1—8	1	Y	300	0,59	4 790	282	6,1	[illegible]	60
202-2 8	8	8	750	[illegible]	[illegible]	[illegible] 65	294	145	0,4 81,5	1,777	48	2 [illegible]	[illegible] 3×0,6	25	1,08 1,02	1—8	1	Y	300	[illegible]	4 720	285	[illegible]	8,25	60
202-1 10	4,4	10	[illegible]	[illegible] 220	[illegible] 24,1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2,042	60	4 [illegible]	[illegible] 3×0,6	10 дв.	1,74 1,99	1—10 1—12	1	Δ Y	357	0,21	4 220	330	5,47	7,5	72
202-1 10	[illegible]	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] 3×0,6	11 дв.	1,45 — 1,66 1,7 — 1,89	1—10 1—12	1	Y	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	72
202-1 10	2,5	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] 3×0,6	8 дв.	1,74 1,99	[illegible]	[illegible]	Δ Y	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	72
202-2 10	[illegible]	[illegible]	500	380	[illegible]	198 65	294	145	0,5 103,5	1,903	60	4 [illegible]	[illegible] 3×0,6	20	1,88 2,13	1—10 1—12	2	Y	390	0,207	4 260	335	[illegible]	[illegible]	72

* Паз статора выполнен по форме № 8, паз ротора восьмиполюсного — по форме № 2, четырехполюсного — по форме № 11.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в развалку в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. Толщина изоляции паза статора 0,5 мм.
3. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-200

Тип	P_2, квт	2p	n_c, об/мин	U, в	I, а	Статор: $\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	D_a, мм	l_t, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_t}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{w_1}$	Размеры паза* $\frac{a \times r \times h}{h_1 \times s}$, мм	$n_{э_1}$	d/d', мм	l_1	a_1	Сопряжение фаз	$l_{ср}$, мм	r, ом	B_δ, гс	A, а/см	Δ_1, а/мм²	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
203-1,6	15,2	6	1 000	$\frac{220}{380}$	$\frac{55,5}{32}$	$\frac{220}{70}$	327	135	$\frac{0,45}{115}$	1,148	36	$\frac{2}{108}$	$\frac{11,5\times7,6\times26,1}{3\times0,6}$	8 дв	$\frac{1,62}{1,87}$	1—6	1	Δ/Y	317	0,291	6 290	300	7,76	7,9	45
203-1/6	15,2	6	1 000	500	24,3	$\frac{220}{70}$	327	132	$\frac{0,45}{115}$	1,148	36	$\frac{2}{144}$	$\frac{11,5\times7,6\times26,1}{3\times0,6}$	24 дв.	$\frac{1,35}{1,6}+\frac{1,45}{1,7}$	1—6	1	Y	317	0,52	6 230	304	7,9	$\frac{3,6}{4,2}$	45
203-2/6	19,7	6	1 000	$\frac{220}{380}$	$\frac{70}{40,5}$	$\frac{220}{70}$	327	165	$\frac{0,45}{115}$	1,435	36	$\frac{2}{87}$	$\frac{11,5\times7,6\times26,1}{3\times0,6}$	29	$\frac{1,95}{2,2}$	1—6	2	Δ/Y	350	0,179	6 270	306	6,75	10	45
203-2/6	19,7	6	1 000	500	30,7	$\frac{220}{70}$	327	165	$\frac{0,45}{115}$	1,435	36	$\frac{2}{114}$	$\frac{11,5\times7,6\times26,1}{3\times0,6}$	19 дв.	$\frac{1,68}{1,93}$	1—6	1	Y	350	0,316	6 300	303	6,9	9,75	45
203-1/8	11	8	750	$\frac{127}{220}$	$\frac{72,7}{42}$	$\frac{235}{70}$	327	132	$\frac{0,45}{92,3}$	1,43	48	$\frac{2}{84}$	$\frac{9,7\times6,9\times25,1}{3\times0,6}$	21	$\frac{1,95}{2,2}$	1—6	2	Δ/Y	302	0,149	5 830	286	7,0	8,4	60
203-1/8	11	8	750	$\frac{220}{380}$	$\frac{42}{24,2}$	$\frac{235}{70}$	327	132	$\frac{0,45}{92,3}$	1,43	48	$\frac{2}{144}$	$\frac{9,7\times6,9\times25,1}{3\times0,6}$	18 дв.	$\frac{1,45}{1,7}$	1—6	1	Δ/Y	302	0,462	5 890	283	7,33	7,9	60
203-1/8	11	8	750	500	18,4	$\frac{235}{70}$	327	132	$\frac{0,45}{92,3}$	1,43	48	$\frac{2}{192}$	$\frac{9,7\times6,9\times25,1}{3\times0,6}$	24	$\frac{1,81}{2,06}$	1—6	1	Y	302	0,79	5 810	287	7,15	8,3	60
203-2/8	14	8	750	$\frac{127}{220}$	$\frac{90,2}{52}$	$\frac{235}{70}$	327	165	$\frac{0,45}{92,3}$	1,79	48	$\frac{2}{68}$	$\frac{9,7\times6,9\times25,1}{3\times0,6}$	17 дв.	$\frac{1,56}{1,81}$	1—6	2	Δ/Y	335	0,105	5 780	287	6,8	9,6	60
203-2/8	14	8	750	$\frac{220}{380}$	$\frac{52}{30}$	$\frac{235}{70}$	327	165	$\frac{0,45}{92,3}$	1,79	48	$\frac{2}{116}$	$\frac{9,7\times6,9\times25,1}{3\times0,6}$	29	$\frac{1,74}{1\ 99}$	1—6	2	Δ/Y	335	0,286	5 860	282	6,3	10,2	60
203-2/8	14	8	750	500	22,8	$\frac{235}{70}$	327	165	$\frac{0,45}{92,3}$	1,79	48	$\frac{2}{152}$	$\frac{9,7\times6,9\times25,1}{3\times0,6}$	19 дв.	$\frac{1,45}{1,7}$	1—6	1	Y	335	0,54	5 890	281	6,9	9,3	60

* Паз статора выполнен по форме № 8, паз ротора — по форме № 11.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в развалку, в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. Толщина изоляции паза статора 0,6 мм.
3. Электродвигатели типа МА 203-2/6 выполнены прямыми пазами ротора.
4. Электродвигатели типа МА 203-1/6 имеют скос пазов ротора.
5. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-200

Тип	P_2, квт	2p	n_c, об/мин	U, в	I, а	Статор: $\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	D_a, мм	l_t, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_t}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{w_1}$	Размеры паза* $\frac{a \times r \times h}{h_1 \times s}$, мм	$n_{э_1}$	d/d', мм	l_1	a_1	Сопряжение фаз	$l_{ср}$, мм	r, ом	B_δ, гс	A, а/см	Δ_1, а/мм²	G_{Cu}, кг	Ротор z_2
204-1/4	37	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{122}{70,3}$	$\frac{245}{80}$	391	135	$\frac{0,6}{192,5}$	0,701	48	$\frac{4}{64}$	$\frac{9,9\times6,4\times29,1}{3\times0,6}$	16 дв.	$\frac{1,62}{1,87}$	1—10 1—12	2	Δ/Y	405	0,11	6 240	350	8,55	11,8	54
204-1/4	37	4	1 500	500	53,5	$\frac{245}{80}$	391	135	$\frac{0,6}{192,5}$	0,701	48	$\frac{4}{64}$	$\frac{9,9\times6,4\times29,1}{3\times0,6}$	21 дв	$\frac{1,35}{1,6}+\frac{1,45}{1,7}$	1—10 1—12	2	Y	405	0,193	6 240	350	8,67	$\frac{5,4}{6,2}$	54
204-2/4	48	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{157}{91}$	$\frac{245}{80}$	391	165	$\frac{0,6}{192,5}$	0,857	48	$\frac{4}{52}$	$\frac{9,9\times6,4\times29,1}{3\times0,6}$	13 дв.	$\frac{1,95}{2,2}$	1—10 1—12	2	Δ/Y	435	0,067	6 260	364	7,5	14,9	54
204-2/4	48	4	1 500	500	69	$\frac{245}{80}$	391	165	$\frac{0,6}{192,5}$	0,857	48	$\frac{4}{68}$	$\frac{9,9\times6,4\times29,1}{3\times0,6}$	17 дв.	$\frac{1,68}{1,93}$	1—10 1—12	2	Y	435	0,117	6 280	365	7,77	14,5	54
204-1/6	25,5	6	1 000	$\frac{220}{380}$	$\frac{90,5}{52,2}$	$\frac{270}{80}$	391	135	$\frac{0,55}{141}$	0,957	54	$\frac{3}{84}$	$\frac{9\times6\times28,6}{3\times0,6}$	28	$\frac{1,62}{1,87}$	1—8 1—10	3	Δ/Y	363	0,172	6 460	310	8,15	10,4	64
204-1/6	25,5	6	1 000	500	39,7	$\frac{270}{80}$	391	135	$\frac{0,55}{141}$	0,957	54	$\frac{3}{108}$	$\frac{9\times6\times28,6}{3\times0,6}$	12 дв.	$\frac{1,74}{1,99}$	1—8 1—10	1	Y	363	0,289	6 620	304	8,35	10,3	64
204-2/6	32	6	1 000	$\frac{220}{380}$	$\frac{111}{64}$	$\frac{270}{80}$	391	165	$\frac{0,55}{141}$	1,17	54	$\frac{3}{80}$	$\frac{9\times6\times28,6}{3\times0,6}$	23	$\frac{1,88}{2,13}$	1—8 1—10	3	Δ/Y	397	0,114	6 400	313	7,68	12,45	64
204-2/6	32	6	1 000	500	48,5	$\frac{270}{80}$	391	165	$\frac{0,55}{141}$	1,17	54	$\frac{3}{90}$	$\frac{9\times6\times28,6}{3\times0,6}$	10 дв.	$\frac{1,95}{2,2}$	1—8 1—10	1	Y	397	0,208	6 490	309	8,1	11,6	64
204-1/8	18,1	8	750	$\frac{220}{380}$	$\frac{66}{38,2}$	$\frac{280}{80}$	391	135	$\frac{0,5}{110}$	1,227	72	$\frac{3}{120}$	$\frac{7,7\times5,1\times32,7}{3\times0,6}$	10 дв.	$\frac{1,74}{1,99}+\frac{1,88}{2,13}$	1—8 1—10	1	Δ/Y	345	0,281	5 810	313	7,38	$\frac{5,15}{6,25}$	84
204-1/8	18,1	8	750	500	20	$\frac{280}{80}$	391	135	$\frac{0,5}{110}$	1,227	72	$\frac{3}{156}$	$\frac{7,7\times5,1\times32,7}{3\times0,6}$	13 дв.	$\frac{1,56}{1,81}$	1—8 1—10	1	Y	345	0,495	5 860	309	7,58	11,3	84
204-2/8	23,5	8	750	$\frac{220}{380}$	$\frac{85,5}{49,2}$	$\frac{280}{90}$	391	165	$\frac{0,5}{110}$	1,5	72	$\frac{3}{90}$	$\frac{7,7\times5,1\times32,7}{5\times0,6}$	16 дв.	$\frac{1,56}{1,81}$	1—8 1—10	2	Δ/Y	375	0,166	5 960	322	6,45	15,2	84
204-2/8	23,5	8	750	500	37,1	$\frac{280}{80}$	391	165	$\frac{0,5}{110}$	1,5	72	$\frac{3}{126}$	$\frac{7,7\times5,1\times32,7}{3\times0,6}$	21	$\frac{1,95}{2,2}$	1—8 1—10	2	Y	375	0,227	5 960	322	6,23	15,6	84

* Паз статора выполнен по форме № 8, паз ротора — по форме № 11.

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная в развалку, в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. Толщина изоляции паза статора 0,6 мм.
3. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-200

Тип	P_2, квт	2 p	n_c, об/мин	U, в	I, а	Статор: $\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	D_a, мм	l_t, мм	Вентиляционные отверстия: Диаметр, мм	Диаметр центрального, мм	Количество
205-1/4	$\frac{60}{53}$	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{194}{112}$	$\frac{265}{90}$	444	165	15	410	60
205-1/4	$\frac{60}{53}$	4	1 500	500	[illegible]	$\frac{265}{90}$	444	165	15	410	60
205-2/4	$\frac{72}{65}$	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{232}{134}$	$\frac{265}{90}$	444	195	15	410	60
205-2/4	$\frac{72}{65}$	4	1 500	500	102	$\frac{265}{90}$	444	195	15	410	60
206-1/4	$\frac{85}{81}$	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{273}{158}$	$\frac{300}{100}$	494	170	15	460	70/72
206-1/4	$\frac{85}{81}$	4	1 500	500	120	$\frac{300}{100}$	494	170	15	460	70/72
206-2/4	$\frac{105}{100}$	4	1 500	$\frac{220}{380}$	$\frac{336}{194}$	$\frac{300}{100}$	494	210	15	460	70/72
206-2/4	$\frac{105}{100}$	4	1 500	500	147	$\frac{300}{100}$	494	210	15	460	70/72

Тип	P_2, квт	Статор: B_δ, гс	A, а/см	Δ_1, а/мм²	G_{Cu_1}, кг	Ротор короткозамкнутый z_2	Ротор фазный: z_2	$\frac{q_2}{w_2}$	$a \times h$, мм*	$n_{э_2}$	Голая медь $b \times a$, мм	Сопряжение и соединение фаз	I_2
205-1/4	$\frac{60}{53}$	5 530	451	7,27	23,8	40	60	$\frac{5}{20}$	4,9×31,1	2	2,83×11,6	λ	1—16
205-1/4	$\frac{60}{53}$	5 690	440	7,32	23,2	40	60	$\frac{5}{20}$	4,9×31,1	2	2,83×11,6	λ	1—16
205-2/4	$\frac{72}{65}$	5 500	463	7,37	25,5	40	60	$\frac{5}{20}$	4,9×31,1	2	2,83×11,6	λ	1—16
205-2/4	$\frac{72}{65}$	5 430	470	7,72	24,8	40	60	$\frac{5}{20}$	4,9×31,1	2	2,83×11,6	λ	1—16
206-1/4	$\frac{85}{81}$	6 080	442	8,55	24,2	40	60	$\frac{5}{20}$	4,9×34,9	2	1,83×13,5	λ	1—16
206-1/4	$\frac{85}{81}$	6 270	427	7,78	25,6	40	60	$\frac{5}{20}$	4,9×34,9	2	2,83×13,5	λ	1—16
206-2/4	$\frac{105}{100}$	6 020	444	7,88	28,3	40	60	$\frac{5}{20}$	4,9×34,9	2	2,83×13,5	λ	1—16
206-2/4	$\frac{105}{100}$	5 940	448	8,22	27,4	40	60	$\frac{5}{20}$	4,9×34,9	2	2,83×13,5	λ	1—16

* Паз статора выполнен по форме № 12, паз ротора фазного — по форме № 13, паз к. з. ротора — по форме № 11.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПБД. 2. В графе 2 в числителе — мощность для короткозамкнутого ротора в знаменателе — для фазного ротора. 3. Подсчет величин B_δ, A и Δ_1 проведен для короткозамкнутого ротора. 4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

Тип	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_t}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{w_1}$	$S \times a \times h$, мм²	$n_{э_1}$	Размер меди гол./изолир. $b \times a$, мм	u_1	a_1	Сопряжение фаз	l_{m_1}, мм	r, ом
205-1/4	$\frac{0,65}{208}$	0,794	48	$\frac{4}{56}$	4,8×8,7×28,7	3×4 дв.	$\frac{3,05\times2,63}{2,35\times2,93}$	1—11	1	Δ/λ	500	0,0637
205-1/4	$\frac{0,65}{208}$	0,794	48	$\frac{4}{72}$	4,8×8,7×28,7	4×5 дв.	$\frac{3,05\times1,95}{8,3\times2,2}$	1—11	1	λ	500	0,109
205-2/4	$\frac{0,65}{208}$	0,938	48	$\frac{4}{48}$	4,8×8,7×28,7	3+3 дв	$\frac{3,05\times3,05}{3,35\times3,35}$	1—11	1	Δ/λ	530	0,049
205-2/4	$\frac{0,65}{208}$	0,938	48	$\frac{4}{64}$	4,8×8,7×28,7	4+4 дв.	$\frac{3,05\times2,26}{3,35\times2,56}$	1—11	1	λ	530	0,0904
206-1/4	$\frac{2,7}{236}$	0,721	48	$\frac{4}{44}$	5×9,1×27,9	5+5 дв.	$\frac{3,28\times1,45}{3,53\times1,7}$	1—11	2	Δ/λ	538	0,045
206-1/4	$\frac{0,65}{208}$	0,721	48	$\frac{4}{56}$	5×9,1×27,9	3+4 дв	$\frac{3,28\times2,41}{3,58\times2,74}$	1—11	1	λ	538	0,0687
206-2/4	$\frac{0,65}{208}$	0,89	48	$\frac{4}{36}$	5×9,1×27,9	4+5 дв.	$\frac{2,28\times1,95}{3,53\times2,2}$	1—11	2	Δ/λ	578	0,0293
206-2/4	$\frac{0,65}{208}$	0,89	48	$\frac{4}{48}$	5×9,1×27,9	3+3 дв.	$\frac{3,28\times2,83}{3,58\times3,13}$	1—11	1	λ	578	0,0544

Продолжение

Тип	d_2	Вентиляционные отверстия: Диаметр, мм	Диаметр центрального, мм	Количество, мм	l_{m_2}, мм	r_2, ом	U_2, в	I_2, а	Δ_2, а/мм²	G_{Cu_2}, кг
205-1/4	1	13	123	17	480	0,0105	134	240	7,37	16,7
205-1/4	1	13	123	17	480	0,0105	134	240	7,37	16,7
205-2/4	1	13	123	17	510	0,011	156	254	7,8	17,7
205-2/4	1	13	123	17	510	0,011	156	254	7,8	17,7
206-1/4	1	13	140	20	510	0,00945	171	287	7,6	20,6
206-1/4	1	13	140	20	510	0,00945	171	287	7,6	20,6
206-2/4	1	13	140	20	505	0,0102	208	292	7,7	22,2
206-2/4	1	13	140	20	505	0,0102	208	292	7,7	22,2

Примечание. Обмотка ротора стержневая двухслойная.

Таблица обмоточных данных синхронных

Тип	P_2, квт	$2p$	n_c, об/мин	U, в	I, а	Статор					
						$\frac{D_{i1}}{D_{i2}}$, мм	D_a, мм	l_i, мм	Вентиляционные отверстия		
									Диаметр, мм	Диаметр центрально-го, мм	Количество
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	47,2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Тип	Статор					Ротор короткозамкнутый, z_2	Ротор фазный						
	P_2, квт	B_δ, гс	A, а/см	A_1, а/мм²	G_{Cu1}, кг		z_2	$\frac{q_2}{w_2}$	Размеры паза* $a \times b$, мм	S_{n2}	Голая медь, мм	Соединение фаз	U_2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

* Тип статора выписан из формы № 13 «Ротор фазный» — по форме № 13, паз ротора п. з. — по форме № 11

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в волновом исполнении выполнена проводом ПЭЛД. 2. В графе 2 в числителе — мощность для короткозамкнутого ротора, в знаменателе — для фазного ротора. 3. Подсчет величин B_δ; A и A_1 проведен для [illegible] ротора. 4. [illegible]

электродвигателей серии МА-200

Тип	Статор									Ротор фазный							
	$\frac{\delta}{2}$, мм	$\frac{l_i}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{w_1}$	$S \times a \times b$, мм²	n_{s1}	Размер меди голой / изолированной $b \times a$, мм	U_1	a_1	Соединение фаз	l_{m1}, мм	r, ом	a_2	Вентиляционные отверстия: Диаметр, мм	Диаметр центрального, мм	Количество	l_{m2}, мм
[illegible]	$\frac{0,6}{119,5}$	1,38	72	$\frac{3}{108}$	4,1×7,5×30	4×5 дв.	$\frac{2,44 \times 2,1}{2,74 \times 2,4}$	1—8	1	Δ/Δ	409	0,161	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	$\frac{0,6}{119,5}$	1,38	72	$\frac{3}{144}$	4,1×7,5×30	6×6 дв.	$\frac{2,44 \times 1,56}{2,69 \times 1,81}$	1—8	1	λ	409	0,282	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	$\frac{0,6}{119,5}$	1,63	72	$\frac{3}{96}$	4,1×7,5×30	4×4 дв.	$\frac{2,44 \times 2,44}{2,74 \times 2,74}$	1—8	1	Δ/Δ	439	0,131	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	$\frac{0,6}{119,5}$	1,63	72	$\frac{3}{120}$	4,1×7,5×30	5×5 дв.	$\frac{2,44 \times 1,95}{2,69 \times 2,2}$	1—8	1	λ	439	0,200	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	$\frac{0,6}{137,5}$	1,235	72	$\frac{3}{84}$	4,5×8,2×27,4	3×4 дв.	$\frac{2,83 \times 2,44}{3,13 \times 2,74}$	1—8	1	Δ/Δ	418	0,093	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	$\frac{0,6}{137,5}$	1,235	72	$\frac{3}{108}$	4,5×8,2×27,4	4×5 дв.	$\frac{2,83 \times 1,81}{3,08 \times 2,06}$	1—8	1	λ	418	0,153	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	$\frac{0,6}{137,5}$	1,528	72	$\frac{3}{72}$	4,5×8,2×27,4	3×3 дв.	$\frac{2,83 \times 2,83}{3,13 \times 3,13}$	1—8	1	Δ/Δ	438	0,074	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	$\frac{0,6}{137,5}$	1,528	72	$\frac{3}{96}$	4,5×8,2×27,4	4×4 дв.	$\frac{2,83 \times 2,1}{3,13 \times 2,4}$	1—8	1	λ	458	0,136	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Продолжение

a_2	Вентиляционные отверстия: Диаметр, мм	Диаметр центрального, мм	Количество	l_{m2}, мм	r_2, ом	U_2, в	I_2, а	A_2, а/мм²	G_{Cu2}, кг
1	13	123	17	382	0,0141	100	152	5,85	14,9
1	13	123	17	382	0,0144	100	152	5,85	14,9
1	15	158	17	412	0,0156	113	167	6,4	16,0
1	15	158	17	412	0,0156	113	167	6,4	16,0
1	13	140	20	400	0,0025	128	191	6,3	18,1
1	13	140	20	400	0,0029	128	191	6,3	18,1
1	15	175	20	440	0,0149	150	192	6,33	19,9
1	15	175	20	449	0,0143	150	192	6,33	19,9

Примечание. Обмотка ротора стержневая двухслойная.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-200

Типы МА-205 и МА-206	P_2, квт	$2p$	n_c, об/мин	U, в	I, а	Статор: D_{i1} / D_{i2}, мм	Статор: D_a, мм	Статор: l_1, мм	Статор: вентиляционные отверстия: диаметр, мм	Статор: вентиляционные отверстия: диаметр центрального, мм	Статор: вентиляционные отверстия: количество
205-1/6	40/36	6	1 000	220/380	135/78	292/90	444	165	15	410	60
[illegible]	[illegible]	6	1 000	500	59,2	292/90	444	165	15	410	60
205-2/6	48/42	6	1 000	220/380	161/93	292/90	444	195	15	410	60
205-2/6	48/42	6	1 000	500	70,5	292/90	444	195	15	410	60
206-1/6	58/54	6	1 000	220/380	192/111	330/100	494	170	15	460	70/72
206-1/6	58/54	6	1 000	500	84,5	330/100	494	170	15	460	70/72
206-2/6	72/67	6	1 000	220/380	237/137	330/100	494	210	15	460	70/72
[illegible] 2/6	72/67	6	1 000	500	104	330/100	494	210	15	460	70/72

Продолжение

Типы МА-205 и МА-206	Статор: P_2, квт	Статор: B_δ, гс	Статор: A, а/см	Статор: Δ_1, а/мм²	Статор: G_{Cu1}, кг	Ротор короткозамкнутый, z_2	Ротор фазный: z_2	Ротор фазный: q_2/w_2	Ротор фазный: размеры паза*, мм	Ротор фазный: $S_{л2}$	Ротор фазный: голая медь, мм	Ротор фазный: сопряжение и соединение фаз	Ротор фазный: y_2
205-1/6	40/36	5 390	412	6,9	21,6	62	72	4/24	4,3×31,1	2	2,44×11,6	Δ	1—13
[illegible]	40/36	5 310	418	6,97	21,7	62	72	4/24	4,3×31,1	2	2,44×11,6	Δ	1—13
205-2/6	48/42	5 120	437	7,03	24,0	62	72	4/24	4,3×31,1	2	2,44×11,6	Δ	1—13
205-2/6	48/42	5 390	415	6,53	24,5	62	72	4/24	4,3×31,1	2	2,44×11,6	Δ	1—13
206-1/6	58/54	5 920	405	7,2	21,2	62	72	4/24	4,2×36,9	2	2,26×14,5	Δ	1—13
206-1/6	58/54	5 090	396	6,85	24,8	62	72	4/24	4,2×36,9	2	2,26×14,5	Δ	1—13
206-2/6	72/67	5 610	428	7,65	26,2	62	72	4/24	4,2×36,9	2	2,26×14,5	Δ	1—13
206-2/6	72/67	5 510	433	7,3	27,6	62	72	4/24	4,2×36,9	2	2,26×14,5	Δ	1—13

* Паз статора выполнен по форме № 14, паз ротора фазного — по форме № 13, паз ротора к. з. — по форме № 11.
Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная в заводском исполнении выполнена проводом ПБД.
2. В графе 2 в числителе — мощность для короткозамкнутого ротора, в знаменателе — для фазного ротора.
3. Подсчет величин B_δ, A и Δ_1 проведен для короткозамкнутого ротора.
4. Короткозамкнутая обмотка и кольца ротора — алюминиевые.

электродвигателей серии МА-200

Статор: $\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_1}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{w_1}$	$S \times d \times h$, мм²	$n_{э1}$	Размер меди голой / изолированной, мм	y_1	a_1	Сопряжение фаз	l_{m1}, мм	r, ом
0,6/153	1,07	54	3/81	4,5×8,3×30	1×5 дв.	2,83×2,1 / 3,13×2,4	1—8	1	Δ/Δ	428	0,108
0,6/153	1,07	54	3/108	4,5×8,3×30	6×6 дв.	2,83×1,56 / 3,08×1,81	1—8	1	Δ	428	0,191
0,6/153	1,275	54	3/72	4,5×8,3×30	4×4 дв	2,83×2,44 / 3,13×2,74	1—8	1	Δ/Δ	458	0,0875
0,6/153	1,275	54	3/90	4,5×8,3×30	5×5 дв.	2,83×1,95 / 3,08×2,2	1—8	1	Δ	458	0,131
0,65/173	0,985	54	3/63	5×9,1×28,7	3×4 дв.	3,28×2,44 / 3,56×2,74	1—8	1	Δ/Δ	450	0,0615
0,65/173	0,983	54	3/81	5×9,1×28,7	4×5 дв.	3,28×1,95 / 3,53×2,2	1—8	1	Δ	450	0,101
0,65/173	1,215	54	3/64	5×9,1×28,7	3×3 дв.	3,28×2,83 / 3,58×3,13	1—8	1	Δ/Δ	490	0,052
0,65/173	1,215	54	3/72	5×9,1×28,7	4×4 дв.	3,28×2,26 / 3,58×2,56	1—8	1	Δ	490	0,087

Продолжение

d_2	Ротор фазный: вентиляционные отверстия: диаметр, мм	Диаметр центрального, мм	Количество	l_{m2}, мм	r_2, ом	U_2, в	I_2, а	Δ_2, а/мм²	G_{Cu2}, кг
1	13	123	17	425	0,0127	114	191	6,79	153
1	13	123	17	425	0,0127	114	191	6,79	153
1	15	158	17	455	0,0136	128	199	7,07	16,4
1	15	158	17	455	0,0136	128	199	7,07	16,4
1	13	140	20	432	0,0112	146	224	6,87	18,1
1	13	140	20	432	0,0112	146	224	6,87	18,1
1	15	175	20	472	0,0122	171	238	7,3	19,7
1	15	175	20	472	0,0122	171	238	7,3	19,7

Примечание. Обмотка ротора стержневая двухслойная.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-800

Тип	P_1, квт	$\frac{2p}{n}$	U_1, в	I_1, а	Статор								Ротор			
					z	$n_{эл}$	$\frac{q_{эф}}{мм^2}$	$\frac{l_{ср}}{об/мин}$	y_1	a_1	Соединение фаз	$\frac{l_{ср}}{z}$, мм	G_{Cu}, кг	z_2	$d_{эл}$, мм	l_2, мм	$\frac{G_2}{\text{сталь}}$
МА-811/4	28	$\frac{4}{1\,460}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{96}{55,5}$	48	6×10	$\frac{1,88}{2,13}$		1—11	1	Δ/Δ	370	14	54	2,83×22	185	$\frac{6,27}{6,29}$
МА-811/6	28	$\frac{6}{1\,460}$	500	62	48	2×14	$\frac{1,95}{2,2}$		1—11	1	Δ	370	14	54	2,83×22	185	$\frac{5,27}{5,27}$
МА-812/4	34	$\frac{4}{1\,460}$	$\frac{290}{330}$	$\frac{110}{64}$	48	2×17	$\frac{1,55}{1,93}$		1—11	2	Δ/Δ	390	13,4	54	2,83×22	185	$\frac{6,9}{6,29}$
МА-812/4	34	$\frac{4}{1\,460}$	380	80,0	48	3×11	$\frac{1,74}{1,93}$		1—11	1	Δ	384	14,1	54	2,83×22	185	$\frac{6,9}{6,29}$
МА-813/4	40	$\frac{4}{1\,470}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{138}{74}$	48	2×15	$\frac{1,93}{2,13}$		1—11	2	Δ/Δ	411	15,1	54	2,83×22	195	$\frac{5,88}{6,29}$
МА-813/4	40	$\frac{4}{1\,470}$	500	56	48	3×10	$\frac{1,88}{2,13}$		1—11	1	Δ	408	15,1	54	2,83×22	195	$\frac{5,49}{6,29}$
МА-821/4	46,5	$\frac{4}{1\,470}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{148}{85,5}$	48	3×13	$\frac{1,95}{2,2}$		1—11	2	Δ/Δ	439	15,1	54	2,83×22	205	$\frac{6,1}{6,29}$
МА-821/4	46,5	$\frac{4}{1\,470}$	500	65	48	2×17	$\frac{1,74}{1,93}$		1—11	2	Δ	426	15,65	54	2,83×22	205	$\frac{6,1}{6,29}$

Примечание. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПЭТД, обмотка ротора — голыми медными стержнями.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА

Тип	P_1, квт	$\frac{2p}{n}$	U_1, в	I_1, а	Статор									Ротор			
					z	$n_{эл}$	$\frac{q_{эф}}{мм^2}$	$\frac{l_{ср}}{об/мин}$	y_1	a_1	Соединение фаз	$\frac{l_{ср}}{z}$, мм	G_{Cu}, кг	z_2	$d_{эл}$, мм	l_2, мм	$\frac{G_2}{\text{сталь}}$
МА-811/6	20,5	$\frac{6}{970}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{74}{42}$	54	2×12	$\frac{1,68}{2,06}$		2(1—8) (1—10)	1	Δ/Δ	325	10,9	64	2,83×22	$\frac{—}{165}$	$\frac{5,5}{2,9}$
МА-811/6	20,5	$\frac{6}{970}$	500	42	54	2×8	$\frac{1,82}{1,87}$		2(1—8) (1—10)	1	Δ	326	10,6	64	2,83×22	$\frac{—}{165}$	$\frac{5,5}{2,9}$
МА-812/6	28,5	$\frac{6}{970}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{97}{56}$	54	1×30	$\frac{1,68}{1,93}$		2(1—8) (1—10)	3	Δ/Δ	345	11,6	64	2,83×22	$\frac{—}{175}$	$\frac{5,5}{2,9}$
МА-812/6	28,5	$\frac{6}{970}$	380	74	54	2×15	$\frac{1,81}{2,06}$		2(1—8) (1—10)	1	Δ	345	11,6	64	2,83×22	$\frac{—}{175}$	$\frac{5,5}{2,9}$
МА-813/6	39	$\frac{6}{970}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{138}{80}$	54	1×26	$\frac{1,81}{2,06}$		2(1—8) (1—10)	3	Δ/Δ	369	12,5	64	2,83×22	$\frac{—}{185}$	$\frac{5,88}{2,9}$
МА-813/6	39	$\frac{6}{970}$	500	59	54	1×20	$\frac{1,55}{1,81}$		2(1—8) (1—10)	1	Δ	365	12,2	64	2,83×22	$\frac{—}{185}$	$\frac{5,88}{2,9}$
МА-821/6	42	$\frac{6}{970}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{110}{64}$	54	1×23	$\frac{1,68}{2,13}$	Двухслойная	2(1—8) (1—10)	3	Δ/Δ	393	12,6	64	2,83×22	$\frac{—}{215}$	$\frac{5,5}{2,9}$
МА-821/6	42	$\frac{6}{970}$	500	48	54	1×30	$\frac{1,68}{1,93}$		2(1—8) (1—10)	3	Δ	389	12,7	64	2,83×22	$\frac{—}{215}$	$\frac{5,5}{2,9}$
МА-812/8	16	$\frac{8}{720}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{58,5}{34}$	72	11+11	$\frac{1,74}{1,99}$		1—8	2	Δ/Δ	310	10,9	82	2,44×18,1	$\frac{—}{175}$	$\frac{5,5}{2,9}$
МА-812/8	16	$\frac{8}{720}$	500	26	72	12+13	$\frac{1,62}{1,87}$		1—8	1	Δ	310	10,8	82	2,44×18,1	$\frac{—}{175}$	$\frac{5,5}{2,9}$
МА-813/8	19	$\frac{8}{720}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{69}{40}$	72	9+9	$\frac{1,86}{2,20}$		1—9	2	Δ/Δ	355	12,7	82	2,44×18,1	$\frac{—}{195}$	$\frac{5,88}{2,9}$
МА-813/8	19	$\frac{8}{720}$	500	30,5	72	2(5+6)	$\frac{1,68}{1,93}$		1—9	1	Δ	355	12,7	82	2,44×18,1	$\frac{—}{195}$	$\frac{5,88}{2,9}$
МА-821/8	23	$\frac{8}{720}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{81}{47,5}$	72	3(4+4)	$\frac{1,95}{1,93}$		1—9	1	Δ/Δ	365	13,2	82	2,44×18,1	$\frac{—}{215}$	$\frac{6,1}{2,9}$
МА-821/8	23	$\frac{8}{720}$	500	35	72	(10+10) (10+10)+ (9+9)	$\frac{1,81}{2,08}$		1—9	2	Δ	365	13,4	82	2,44×18,1	$\frac{—}{215}$	$\frac{6,1}{2,9}$

Примечание. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПЭТД, обмотка ротора — голыми медными стержнями.

Таблица обмоточных данных асинхронных электродвигателей серии МА-900

Ротор короткозамкнутый с глубоким пазом

Тип	$P_{ст}$, кВт	$\frac{2p}{n}$	$\frac{U}{\Delta}$	$\frac{I_{ст}}{\Delta}$	z_1	n_{Δ_1}	$\frac{d/d'}{мм}$	n_1	a_1	Сопряжение фаз	$\frac{l_{m_1}}{2}$, мм	Q_{Cu_1} с изоляцией, кг	z_2	Голый провод $a \times b$, мм	l_2, мм	$\frac{G}{\frac{\Delta}{\Delta}}$
МА-911/4[1]	35	$\frac{4}{1\,470}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{175}{101}$	48	3(6+7)	$\frac{1,74}{1,99}$	1—11	2	Δ/Д	469	19,4	54	2,63×26,3	215	[illegible]
МА-911/4[2]	35	$\frac{4}{1\,470}$	500	77	48	2(8+9)	$\frac{1,88}{2,13}$	1—11	2	Д	463	20	54	2,63×26,3	215	[illegible]
МА-921/4[3]	65	$\frac{4}{1\,460}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{204}{118}$	48	3(5+6)	$\frac{1,95}{2,2}$	1—11	2	Δ/Д	517	23,1	54	2,63×26,3	240	$\frac{9,1}{7,8}$
МА-921/4[4]	65	$\frac{4}{1\,460}$	500	90	48	3(6+7)	$\frac{1,68}{1,93}$	1—11	2	Д	568	22,1	54	2,63×26,3	240	$\frac{9,1}{7,8}$
МА-911/6	40	$\frac{6}{970}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{135}{78}$	72	2×17	$\frac{1,56}{1,81}$	1—11	3	Δ/Д	395	17,3	82	2,44×26,3	215	$\frac{10,1}{5}$
МА-911/6	40	$\frac{6}{970}$	500	59	72	2×15	$\frac{1,68}{1,93}$	1—11	2	Д	398	17,6	82	2,44×26,3	215	$\frac{10,1}{5}$
МА-921/6	46,5	$\frac{6}{970}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{157}{91}$	72	3×10	$\frac{1,68}{1,93}$	1—11	2	Δ/Д	418	18,7	82	2,44×26,3	240	$\frac{11,3}{5}$
МА-921/6	46,5	$\frac{6}{970}$	500	70	72	2×13	$\frac{1,81}{2,06}$	1—11	2	Д	417	18,8	82	2,44×26,3	240	$\frac{11,3}{5}$
МА-911/8	31	$\frac{8}{720}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{107}{62}$	72	4(4+4)	$\frac{1,88}{2,13}$	1—9	1	Δ/Д	375	22,4	82	2,83×18,1	215	$\frac{8,05}{4,6}$
МА-911/8	31	$\frac{8}{720}$	500	44,5	72	3(6+5)×(5+5)×(5+6)	$\frac{1,88}{2,13}$	1—9	1	Д	375	22,4	82	2,83×18,1	215	$\frac{8,05}{4,6}$
МА-911/8	36	$\frac{8}{720}$	$\frac{220}{380}$	$\frac{126}{72,5}$	72	3(7+7)	$\frac{1,74}{1,99}$	1—9	2	Δ/Д	405	27,2	82	2,83×18,1	240	$\frac{9}{4,6}$
МА-971/8	36	$\frac{8}{720}$	500	55	72	2(9+9)	$\frac{1,88}{2,13}$	1—9	2	Д	497	27,2	82	2,83×18,1	240	$\frac{9}{4,6}$

[1] Секции [illegible]
[2] Секции [illegible]
[3] Секции [illegible]
[4] Секции [illegible]

Примечание. [illegible] ротора [illegible] исполнении выполнена проводом ПБД, обмотка ротора — голым медным стержнем

Обмоточные данные электродвигателей серии МАД-191

Статор

Тип	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Номинальный ток, а	К. п. д., %	[illegible]	Воздушный зазор, мм	Число пазов	Внешний диаметр сердечника статора, мм	Диаметр расточки статора, мм	Длина сердечника, мм	Род обмотки	Шаг по пазам	Число эффективных проводников в пазу	Всего проводников в пазу	Число секций в группе	Число групп в фазе	Эффективное число витков в фазе	Размер прямоугольного провода ПСДК голого/изолированного, мм	[illegible] меди, кг	Режим работы
МА-191/10К	[illegible]	[illegible]	37	$\frac{96}{46,8}$	$\frac{90,1}{36,8}$	$\frac{0,83}{0,56}$	0,75	36	320	205	380	Двухслойная	1—8	6+6	12	3	4	72	$\frac{1,81\times6,4}{2,11\times6,7}$	31,5	Часовой Длительный
МАД-191/11К и МАД-191/11ЗГ	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\frac{136}{64}$	$\frac{89}{90}$	$\frac{0,82}{0,77}$	0,9	48	365	245	440	То же	1—11	4+4	8	4	4	64	$\frac{2,63\times5,9}{2,96\times6,23}$	41,5	Часовой Длительный
МАД-191/[illegible] и МАД-191/35Г	[illegible]	[illegible]	29	$\frac{77}{40,5}$	$\frac{86}{[illegible]}$	$\frac{0,8}{0,63}$	0,65	36	287,3	173	355	„ „	1—8	4+4	8	3	4	48	$\frac{2,63+51}{2,96\times5,43}$	25,5	Часовой Длительный

Примечание. В настоящее время все электродвигатели этой серии выпускаются только с кремнийорганической изоляцией.

Таблица обмоточных данных трехфазных асинхронных электродвигателей серий ТТ и МТО (текстильных)

Тип МТО	Форма	P_2, квт	$2p$	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	U, в	I, а	Статор: $\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	$\frac{D_a}{d_{рот}}$, мм	l_t, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_t}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{\omega_1}$	Размеры паза* $b\times h\times S$	$n_{э_1}$	d/d', мм
17/6	К	6	6	974	[illegible],5	0,81	[illegible]	13,15	$\frac{230}{115}$	$\frac{340}{70}$	142	$\frac{0,5}{120}$	1,18	[illegible]	$\frac{2}{[illegible]}$	9,2/11,7×$\frac{27,7}{3,83}$×3,2	25 дв.	1,4/1,65
17/6	К	6	6	974	[illegible],5	0,81	[illegible]	10	$\frac{230}{115}$	$\frac{340}{70}$	142	$\frac{0,5}{120}$	1,18	[illegible]	$\frac{2}{[illegible]}$	9,2/11,7×$\frac{27,7}{3,83}$×3,2	33 дв	1,25/1,5
17/8	К	3,8	8	728	84,5	0,78	[illegible]	8,77	$\frac{230}{170}$	$\frac{340}{70}$	142	$\frac{0,5}{97,2}$	1,52	60	$\frac{2,5}{[illegible]}$	7,2/9,5×$\frac{26,2}{4,07}$×3,1	22 дв.	1,4/1,65
17/8	К	3,8	8	728	84,5	0,78	[illegible]	6,67	$\frac{230}{170}$	$\frac{340}{70}$	142	$\frac{0,5}{97,2}$	1,52	60	$\frac{2,5}{[illegible]}$	7,2/9,5×$\frac{26,2}{4,07}$×3,1	[illegible]	[illegible]
18/4	К	8,9	4	1 471	87,5	0,88	380	17,6	$\frac{230}{115}$	$\frac{340}{70}$	182	$\frac{0,5}{181}$	1,0	[illegible]	$\frac{3}{78}$	9,3/11,7×$\frac{20,2}{[illegible]}$×3,1	[illegible]	[illegible]
18/4	К	8,9	4	1 471	87,5	0,88	500	13,35	$\frac{230}{115}$	$\frac{340}{70}$	182	$\frac{0,5}{181}$	1,0	[illegible]	$\frac{3}{102}$	9,3/11,7×$\frac{20,2}{[illegible]}$×3,1	[illegible]	[illegible]
18/6	К	7,5	6	[illegible]	[illegible],5	0,82	[illegible]	16,1	$\frac{230}{115}$	$\frac{340}{70}$	182	$\frac{0,5}{120}$	1,52	[illegible]	$\frac{2}{126}$	9,2/11,7×$\frac{27,7}{3,83}$×3,2	[illegible]	[illegible]
18/6	К	7,5	6	973	[illegible],5	0,82	500	12,23	$\frac{230}{115}$	$\frac{340}{70}$	182	$\frac{0,5}{120}$	1,52	[illegible]	$\frac{2}{166}$	9,2/11,7×$\frac{27,7}{3,83}$×3,2	[illegible]	[illegible]
18/8	К	4,5	8	728	85,5	0,8	[illegible]	10	$\frac{230}{170}$	$\frac{340}{70}$	182	$\frac{0,5}{97,2}$	1,87	60	$\frac{2,5}{180}$	7,2/9,5×$\frac{26,2}{4,07}$×3,1	18 дв.	1,5/1,75
18/8	К	4,5	8	728	85,5	0,8	500	7,6	$\frac{230}{170}$	$\frac{340}{70}$	182	$\frac{0,5}{97,2}$	1,87	60	$\frac{2,5}{240}$	7,2/9,5×$\frac{26,2}{4,07}$×3,1	24 дв.	1,3/1,55

* Паз статора выполнен по форме № 15, паз ротора — по форме № 16.

Продолжение

Тип МТО	Форма	Статор: Тип обмотки	y_1	a_1	Сопряжение фаз	$\frac{l_{m_1}}{\tau}$, мм	r_1, ом	B_δ, гс	A, а/см	Δ_1, а/мм²	G_{cu_1}, кг	Ротор короткозамкнутый: z_2	Размеры паза* $b\times h\times S$, мм	$n_{э_2}$	Размер стержня голого, мм	Длина стержня l_2, мм	Размер короткозамыкающих колец	Вес G_{cu_2} стержня, кг	Примечание
17/6	К	Однослойная	1—6	1	λ	340	0,582	4 100	163	4,26	8,4	54	4,0×15×1,2	1	3,0×12,5	166	6×29,5	2,92	Соединение фаз ротора—кольцо На роторе медная обмотка
17/6	К		1—6	1	λ	340	0,96	4 100	164	4,1	8,82	54	4,0×15×1,2	1	3,0×12,5	166	6×29,5	2,92	
17/8	К	Двухслойная	1—7	1	λ	326	0,818	3 500	236	2,85	11,8	87	3,2×11,0×1,4	1	2,63×8,6	166	8×24,5	[illegible]	Соединение фаз ротора—кольцо Ротор с медными стержнями
17/8	К		1—7	1	λ	326	1,305	3 630	207	2,84	12	87	3,2×11,0×1,4	1	2,63×8,6	166	[illegible]×24,5	[illegible]	
18/4	К	Однослойная	1—8 1—10	1	λ	460	0,264	4 100	114	3,6	9,12	43	3,2×13,2×1,4	1	2,63×11,6	206	7×29,5	2,32	
18/4	К		1—8 1—10	1	λ	460	0,466	4 070	113	3,78	8,85	43	3,2×13,2×1,4	1	2,63×11,6	206	7×29,5	2,32	
18/6	К	То же	1—6	1	λ	380	0,408	3 830	168	3,9	10,5	54	4,0×15×1,2	1	3,0×12,5	206	6×29,5	3,7	
18/6	К		1—6	1	λ	380	0,727	3 780	171	3,94	10,5	54	4,0×15×1,2	1	3,0×12,5	206	6×29,5	3,7	
18/8	К	Двухслойная	1—7	1	λ	336	0,655	3 350	137,5	2,82	12,4	87	3,2×11,0×1,4	1	2,63×8,6	206	8×24,5	3,63	
18/8	К		1—7	1	λ	336	1,16	3 300	1,39	2,88	12,5	87	3,2×11,0×1,4	1	2,63×8,6	206	8×24,5	3,63	

Примечания: 1. Пазы ротора скошены на один зубцовый шаг. 2. Изоляция статора — класса А. 3. Исполнение электродвигателя закрытое (негерметическое) с системой наружного охлаждения. 4. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПБД, обмотка ротора короткозамкнутая выполнена голым медным стержнем.

Таблица обмоточных данных трехфазных асинхронных электродвигателей серий ТТ и МТО (текстильные)

Типы ТТ и МТО	Форма	P_2, квт	$2p$	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	U, в	I, а	Статор: $\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	$\frac{D_a}{d}$, мм	l_t, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_t}{\tau}$, мм	z_1	$\frac{q_1}{\omega_1}$	Размер паза* $\frac{l}{l_1}\times\frac{h}{\delta}\times\frac{a}{p}$, мм	$n_{э_1}$	d/d', мм
ТТ 7/4	Закрытый обдуваемый	4,5	4	1 450	87	0,855	380	9,2	$\frac{155}{48}$	$\frac{245}{—}$	134	$\frac{0,35}{122}$	1,1	[illegible]	$\frac{3}{[illegible]}$	$\frac{8}{11,2}\times\frac{20,2}{4,5[illegible]}\times3,2$	26	1,68/1,93
ТТ 7/4		4,5	4	1 450	87	0,855	500	7	$\frac{155}{48}$	$\frac{245}{—}$	134	$\frac{0,35}{122}$	1,1	[illegible]	$\frac{3}{204}$	$\frac{8}{11,2}\times\frac{20,2}{[illegible]}\times3,2$	34	1,5/1,75
ТТ 7/6		2,8	6	960	84	0,76	380	6,67	$\frac{155}{48}$	$\frac{245}{—}$	134	$\frac{0,3}{81,2}$	1,65	36	$\frac{2}{210}$	$\frac{8}{11,2}\times\frac{20,2}{4,5[illegible]}\times3,2$	35	1,45/1,7
ТТ 7/6		2,8	6	960	84	0,76	500	5,07	$\frac{155}{48}$	$\frac{245}{—}$	134	$\frac{0,3}{81,2}$	1,65	36	$\frac{2}{276}$	$\frac{8}{11,2}\times\frac{20,2}{4,55}\times3,2$	46	1,25/1,5
ТТ 7/8		2	8	724	81	0,72	380	5,23	$\frac{155}{48}$	$\frac{245}{—}$	131	$\frac{0,3}{61,1}$	2,16	[illegible]	$\frac{2}{301}$	$\frac{6,47}{9}\times\frac{24}{2,9}\times3,1$	38	1,35/1,6
ТТ 7/8		2	8	724	81	0,72	[illegible]	3,97	$\frac{155}{48}$	$\frac{245}{—}$	131	$\frac{0,3}{61,1}$	2,16	48	$\frac{2}{400}$	$\frac{6,47}{9}\times\frac{24}{2,[illegible]}\times3,1$	50	1,2/1,45
МТО 17/4	К	5,7	4	1 472	87	0,87	[illegible]	11,45	$\frac{195}{100}$	$\frac{290}{60}$	150	$\frac{0,4}{153}$	0,[illegible]	[illegible]	$\frac{3}{120}$	$\frac{8,4}{[illegible]}\times3,1$	30 дв.	1,4/1,65
МТО 17/4	К	5,7	4	1 472	87	0,87	[illegible]	8,7	$\frac{195}{100}$	$\frac{290}{60}$	150	$\frac{0,4}{153}$	0,[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\frac{8,4}{[illegible]}\times\frac{20,2}{[illegible]}\times3,1$	[illegible] дв.	1,25/1,5
МТО 17/6	К	4,3	6	975	85	0,8	[illegible]	[illegible]	$\frac{195}{100}$	$\frac{290}{60}$	150	$\frac{0,4}{102}$	1,47	[illegible]	$\frac{2}{168}$	$\frac{7,[illegible]}{10,[illegible]}\times\frac{24,2}{[illegible]}\times3,6$	23 дв	1,25/1,5
МТО 17/6	К	4,3	6	975	85	0,8	[illegible]	7,28	$\frac{195}{100}$	$\frac{290}{60}$	150	$\frac{0,4}{102}$	1,47	[illegible]	$\frac{2}{222}$	$\frac{7,[illegible]}{10,[illegible]}\times\frac{24,2}{[illegible]}\times[illegible]$	27 дв.	[illegible]
МТО 17/4	К	7,5	4	1 468	87	0,87	380	15,05	$\frac{230}{115}$	$\frac{340}{70}$	142	$\frac{0,5}{181}$	[illegible]	[illegible]	$\frac{3}{[illegible]}$	$\frac{9,3}{11,[illegible]}\times\frac{20,2}{[illegible]}\times3,1$	16 дв.	1,62/1,87
МТО 17/4	К	7,5	4	1 468	87	0,87	500	11,43	$\frac{230}{115}$	$\frac{340}{70}$	142	$\frac{0,5}{181}$	[illegible]	[illegible]	$\frac{3}{12[illegible]}$	$\frac{9,3}{11,[illegible]}\times\frac{20,2}{[illegible]}\times3,1$	21 дв.	[illegible]

* Паз статора выполнен по форме № 15, паз ротора — по форме № 16.

Продолжение

Типы ТТ и МТО	Статор: Форма	Тип обмотки	y_1	a_1	Сопряжение фаз	$\frac{l_{m_1}}{2}$, мм	r_1, ом	B_0, гс	A, а/см	Δ_1, а/мм²	G_{Cu_1}, кг	Ротор короткозамкнутый: z_2	Размеры паза* $a \times h \times S$, мм	$n_{э_2}$	Размер медного стержня голого или ∅, мм	Длина стержня l, мм	Размер медного кольца, $a \times b$, мм	Вес стержня G_{Cu_2}, кг
ТТ 7/4	Закрытый обдуваемый	Двухслойная	1—9	1	Д	512	0,774	4 100	177	4,14	6,2	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	155	[illegible]	2,23
ТТ 7/4			1—9	1	Д	293	1,19	4 120	177	3,95	6,1	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ТТ 7/6		Однослойная	1—6	1	Д	280	1,5	4 640	173	4,3	5,4	48	∅ 6,3	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ТТ 7/6			1—6	1	Д	279	2,2	4 630	173	4,16	5,29	43	∅ 6,3	1	[illegible]	174	[illegible]	1,9
ТТ 7/8		Двухслойная	1—6	1	Д	240	1,79	4 400	196	3,66	5,57	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	148	[illegible]	[illegible]
ТТ 7/8			1—6	1	Д	240	2,98	4 400	195	3,51	5,8	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	148	[illegible]	2,15
МТО 15/4	К	Однослойная	1—8 1—10	1	Д	380	0,52	3 970	134	3,72	7,5	43	∅ 7,7	1	∅ 7,0	174	[illegible]	[illegible]
МТО 15/4	К		1—8 1—10	1	Д	380	0,848	3 760	128	3,56	7,78	43	∅ 7,7	1	∅ 7,0	174	[illegible]	2,53
МТО 15/6	К		1—6	1	Д	329	0,79	4 120	158	3,96	7,25	54	3,2×11,25×1,4	1	2,63×12,5	174	[illegible]	[illegible]
МТО 15/6	К		1—6	1	Д	329	1,4	4 100	158	3,98	7,14	54	3,2×11,25×1,4	1	2,63×12,5	174	6,5×25	2,60
МТО 17/4	К		1—8 1—10	1	Д	395	0,323	4 300	120	3,65	8,33	43	3,2×11,25×1,4	1	2,63×11,6	[illegible]	[illegible]	4,1
МТО 17/4	К		1—8 1—10	1	Д	395	0,568	4 380	120	3,72	8,2	43	3,2×11,25×1,4	1	2,63×11,6	[illegible]	[illegible]	4,1

Примечания: 1. Пазы ротора скошены на один зубцовый шаг. 2. Изоляция статора — класса А. 3. Исполнение закрытое (негерметическое) с системой наружного охлаждения. 4. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПБД, обмотка ротора короткозамкнутая, выполнена голым медным стержнем

Таблица обмоточных данных трехфазных асинхронных электродвигателей серий ТТ и МТО (текстильный)

Тип ТТ	Форма	P_2, квт	$2p$	n, об/мин	η, %	$\cos\varphi$	$U_н$, в	I_N, а	Статор: $\frac{D_{i_1}}{D_{i_2}}$, мм	D_a, мм	l_t, мм	$\frac{\delta}{\tau}$, мм	$\frac{l_t}{\tau}$	z_1	$\frac{q_1}{w_1}$	Размеры паза* $b \times n \times S$, мм	$n_{э_1}$	d/d', мм
5/4	Закрытый	2,2	4	1 450	85	0,84	380	4,69	$\frac{155}{48}$	245	134	$\frac{0,35}{122}$	1,1	36	$\frac{3}{204}$	$\frac{8,4}{10,9} \times \frac{20,2}{3,6} \times 3,1$	34	1,5/1,75
5/4		2,2	4	1 450	85	0,84	500	3,54	$\frac{155}{48}$	245	134	$\frac{0,35}{122}$	1,1	36	$\frac{3}{264}$	$\frac{8,4}{10,9} \times \frac{20,2}{3,6} \times 3,1$	44	1,3/1,55
5/6		1,5	6	950	83	0,76	380	3,62	$\frac{155}{48}$	245	134	$\frac{0,3}{81,2}$	1,65	36	$\frac{2}{282}$	$\frac{84}{10,9} \times \frac{20,2}{3,6} \times 3,1$	47	1,25/1,5
5/6		1,5	6	950	83	0,76	500	2,75	$\frac{155}{48}$	245	134	$\frac{0,3}{81,2}$	1,65	36	$\frac{2}{372}$	$\frac{84}{10,9} \times \frac{20,2}{3,6} \times 3,1$	62	1,08/1,33
6/4	Обдуваемый	3,2	4	1 450	85,5	0,85	380	6,7	$\frac{155}{48}$	245	97	$\frac{0,35}{122}$	0,79	36	$\frac{3}{204}$	$\frac{8}{11,2} \times \frac{20,2}{4,56} \times 3,2$	34	1,5/1,75
6/4		3,2	4	1 450	85,5	0,85	500	5,1	$\frac{155}{48}$	245	97	$\frac{0,35}{122}$	1,65	36	$\frac{3}{264}$	$\frac{8}{11,2} \times \frac{20,2}{4,56} \times 3,2$	44	1,3/1,55
6/6		2,2	6	955	83	0,76	380	5,31	$\frac{155}{48}$	245	97	$\frac{0,3}{81,2}$	1,2	6	$\frac{2}{282}$	$\frac{8}{11,2} \times \frac{20,2}{4,56} \times 3,2$	47	1,25/1,5
6/6		2,2	6	955	83	0,76	500	4,01	$\frac{155}{48}$	245	97	$\frac{0,3}{81,2}$	1,2	36	$\frac{2}{372}$	$\frac{8}{11,2} \times \frac{20,2}{4,56} \times 3,2$	62	1,08/1,33
6/8	Закрытый	1,5	8	719	80	0,7	380	4,07	$\frac{155}{48}$	245	97	$\frac{0,3}{50,8}$	1,6	48	$\frac{2}{312}$	$\frac{6,47}{9} \times \frac{24}{2,9} \times 3,1$	52	1,16/1,41
6/8		1,5	8	719	80	0,7	500	3,1	$\frac{155}{48}$	245	97	$\frac{0,3}{50,8}$	1,6	48	$\frac{2}{408}$	$\frac{6,47}{9} \times \frac{24}{2,9} \times 3,1$	68	1,04/1,29

* Паз статора выполнен по форме № 15, паз ротора — по форме № 16.

Продолжение

Тип ТТ	Статор: Форма	Тип обмотки	y_1	a_1	l_{m_1}, мм	r_1, ом	B_0, гс	A, а/см	Δ_1, а/мм²	G_{Cu_1}, кг	Ротор короткозамкнутый: z_2	$a \times n \times S$	$n_{э_2}$	Размер или ∅ голого стержня, мм	Длина стержня l_2, мм	Размер к. з. кольца, $a \times b$, мм	Вес стержня G_{Cu_2}, кг
5/4	Закрытый	Двухслойная	1—8	1	325	1,19	3 270	118	2,64	5,1	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	155	9×29	2,23
5/4			1—8	1	325	2,05	3 280	105	2,68	5,9	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	155	9×29	2,23
5/6		Однослойная	1—6	1	280	2,26	3 450	126	2,96	5,14	48	ф 6,3	1	∅ 6	158	9×11,5	1,7
5/6			1—6	1	280	3,98	3 440	131	3,01	5,06	48	ф 6,3	1	∅ 6	158	9×11,5	1,7
6/4	Обдуваемый	Двухслойная	1—9	1	298	0,121	4 300	169	3,78	5,79	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	120	9×29	1,74
6/4			1—9	1	272	1,9	4 380	151	3,83	5,45	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	120	9×29	1,74
6/6		Однослойная	1—6	1	243	1,96	4 760	185	4,35	4,65	48	ф 6,5	1	∅ 6	120	9×12	[illegible]
6/6			1—6	1	242	3,45	4 760	192	4,42	4,4	48	ф 6,3	1	∅ 6	120	9×12	[illegible]
6/8	Закрытый	Двухслойная	1—6	1	205	2,83	4 320	209	3,85	4,82	45	2×26,65×1,2	1	1,45×25	120	9×29	[illegible]
6/8			1—6	1	205	4,6	4 340	208	3,65	5,07	45	2,26,65×1,2	1	1,45×25	120	9×29	[illegible]

Примечания: 1. Пазы ротора скошены на один зубцовый шаг. 2. Изоляция статора — класса А. 3. Исполнение закрытое (негерметическое) с системой наружного охлаждения (кроме ТТ 5/4 и 5/6). 4. Обмотка статора в заводском исполнении выполнена проводом ПБД, обмотка ротора короткозамкнутая, выполнена голым медным стержнем, сопряжение фаз Д.

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРО

Таблица обмоточных данных

Тип 11г	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U, в	I, а	Ста				
					$\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс
20-4	1,3	$\frac{1\,500}{1\,420}$	127/220	8,8/5,1	$\frac{168}{106}$	73	27	0,3	6 200
			220/380	5,1/2,9					
			500 Δ	2,2					
21-4	2,3	$\frac{1\,500}{1\,420}$	127/220	14,9/8,6	$\frac{168}{106}$	115	27	0,3	6 100
			220/380	8,6/5,0					
			500 Δ	3,8					
20-6	0,8	$\frac{1\,000}{940}$	127/220	6,4/3,7	$\frac{168}{106}$	83	27	0,3	6 000
			220/380	3,7/2,1					
			500 Δ	1,6					
21-6	1,3	$\frac{1\,000}{940}$	127/220	9,6/5,6	$\frac{168}{106}$	125	27	0,3	6 000
			220/380	5,6/3,2					
			500 Δ	2,4					

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная. Катушки соединены последовательно. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Таблица обмоточных данных

Тип 11	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U, в	I, а	Ста				
					$\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс
30-4	3,7	$\frac{1\,500}{1\,440}$	127/220	23,4/13,5	$\frac{210}{136}$	98	36	0,35	6 300
			220/380	13,6/7,8					
			500 Δ	5,9					
31-4	5,2	$\frac{1\,500}{1\,440}$	127/220	32/18,5	$\frac{210}{136}$	150	36	0,35	6 000
			220/380	18,5/10,7					
			500 Δ	8,1					
30-6	2,5	$\frac{1\,000}{900}$	127/220	17,3/10,1	$\frac{210}{136}$	112	36	0,35	6 000
			220/380	10,1/5,8					
			500 Δ	4,4					
31-6	3,5	$\frac{1\,000}{900}$	127/220	23,7/13,7	$\frac{210}{136}$	160	36	0,35	6 200
			220/380	13,7/7,9					
			500 Δ	6,0					
30-8	1,3	$\frac{750}{720}$	127/220	10,8/6,3	$\frac{210}{136}$	112	36	0,35	5 500
			220/380	6,3/3,6					
			500 Δ	2,7					
31-8	2,3	$\frac{750}{720}$	127/220	17,5/10,1	$\frac{210}{136}$	160	36	0,35	6 000
			220/380	10,1/5,8					
			500 Δ	4,4					

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

ДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ И

электродвигателей серии И2

тор								Ротор	
Размеры паза / зубца, мм	y_1	$n_{э_1}$	a_1	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	z_2	Ø стержня, мм: голого / изолированного
$\frac{11,7-4,35}{18,26-0,6/3}$	1—7	50	1	1,16/1,38	4,8	200	2,8	35	3,76/7,55
		86	1	0,86/1,02	5,0		2,6		
		114	1	0,74/0,90	5,1		2,6		
$\frac{11,7-4,35}{18,26-0,6/3}$	1—7	32	1	1,45/1,67	5,2	225	3,1	35	3,76/7,55
		56	1	1,08/1,29	5,4		3,2		
		72	1	1,0/1,16	4,85		3,6		
$\frac{11,7-4,35}{18,26-0,6/3}$	1—5	68	1	1,0/1,16	4,7	200	2,6	35	3,76/7,55
		116	1	0,74/0,9	4,9		2,4		
		150	1	0,64/0,79	4,95		2,4		
$\frac{11,7-4,35}{18,26-0,6/3}$	1—5	46	1	1,25/1,47	4,55	210	3,4	35	3,76/7,55
		80	1	0,93/1,09	4,85		3,3		
		104	1	0,8/0,96	4,8		3,2		

электродвигателей серии И2

тор									Ротор	
Размеры паза / зубца, мм	y_1	$n_{э_1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	z_2	Ø стержня, мм: голого / изолированного
$\frac{10,7-41}{20,8-0,7/3,5}$	1—8	44	2	Последовательное	1,25/1,47	5,5	260	4,6	44	3,76/7,55
		40	1		1,35/1,57	5,5		4,95		
		52	1		1,16/1,38	5,6		4,8		
$\frac{10,7-41}{20,8-0,7/3,5}$	1—8	60	2		1,08/1,29	5,1	235	5,8	44	3,76/7,55
		52	2		1,16/1,38	5,1		5,7		
		34	1		1,45/1,67	4,9		6,0		
$\frac{10,7-41}{20,8-0,7/3,5}$	1—6	60	2	2 параллельно	1,08/1,29	5,5	255	4,1	44	3,76/7,55
		52	1		1,16/1,38	5,5		4,4		
		68	1		1,0/1,16	5,6		4,2		
$\frac{10,7-41}{20,8-0,7/3,5}$	1—6	40	2		1,35/1,57	4,8	240	5,3	44	3,76/7,55
		36	1		1,45/1,67	4,8		5,72		
		46	1		1,25/1,47	4,9		5,4		
$\frac{10,7-41}{20,8-0,7/3,5}$	1—5	88	2		0,93/1,09	4,65	230	4,2	44	3,76/7,55
		76	1		1,00/1,16	4,6		4,2		
		100	1		0,80/1,02	4,65		4,1		
$\frac{10,7-41}{20,8-0,7/3,5}$	1—5	56	2		1,16/1,38	4,8	235	5,2		3,76/7,55
		48	1		1,25/1,47	4,75		5,2		
		61	1		1,08/1,89	4,8		5,3		

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии И3О 2-го габарита

Тип	$P_н$, кВт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	I_1, А	I_{1x}, А	Статор								Ротор							
					$\frac{D_1}{D_2}$, мм	t_1, мм	z_1	$\frac{b_ш}{h_ш}$, мм	$S_{эф1}$, мм²	$\frac{\text{число эл. в пр.}}{\text{число пр. в п.}}$	$n_{эл}$	$d_{эл}$, мм	z_2	$b_ш$, мм	$h_ш$, мм	$D_{ср}$, мм	l_2, мм	$S_{эф2}$, мм²	$\frac{D_2}{D_{ср}}$, мм	$\frac{\text{Число эл. в пр.}}{\text{Число пр. в п.}}$

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная, соединение обмотки звезда-треугольник. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии И3О 3-го габарита

Тип	$P_н$, кВт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	I_1, А	I_{1x}, А	Статор												Ротор			
					$\frac{D_1}{D_2}$, мм	t_1, мм	z_1	$\frac{b_ш}{h_ш}$, мм	$S_{эф1}$, мм²	$\frac{\text{число эл. в пр.}}{\text{число пр. в п.}}$	$n_{эл}$	$d_{эл}$, мм	$\frac{\text{Число эл. в пр.}}{\text{Число пр. в п.}}$	z_2	$b_ш$, мм	$h_ш$, мм	$D_{ср}$, мм	l_2, мм	$S_{эф2}$, мм²	$\frac{D_2}{D_{ср}}$, мм

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ТИПОВ МКА и МКБ

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии МКБ (форма К)

Тип	$P_н$, кВт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	I_1, А	I_{1x}, А	Статор												Ротор			
					$\frac{D_1}{D_2}$, мм	t_1, мм	z_1	$\frac{b_ш}{h_ш}$, мм	$S_{эф1}$, мм²	$\frac{\text{число эл. в пр.}}{\text{число пр. в п.}}$	$n_{эл}$	$d_{эл}$, мм	$\frac{\text{Число эл. в пр.}}{\text{Число пр. в п.}}$	z_2	$b_ш$, мм	$h_ш$, мм	$D_{ср}$, мм	l_2, мм	$S_{эф2}$, мм²	$\frac{D_2}{D_{ср}}$, мм

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии МКА (форма С)

Тип МКА	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{э_1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	S_1, а/мм²	A_1, а/см	G_{Cu_1}, кг	Ротор: U_2, в	I_2, а	z_2	$n_{э_2}$	a_2	Эф № расч	Ø стержня, мм голого изолированного	S_2, а/мм²	G_{Cu}, кг
13-4	3,8	$\frac{1\,500}{1\,410}$	220Δ	14,7	$\frac{220}{145}$	113	24	0,4	6 000	$\frac{10,2}{13,5}$×18,8×3,5	1—6	27	1	Последовательное	1,81/,211	5,7		4,15	17,7	54,7	36	4	1	4	3,05/2,63	5,6	2,71
			380Δ	8,5								26	1		1,4/1,65	5,5	205	4,23									
			500Δ	6,15								60	1		1,2/1,65	5,7		4,07									
13-6	2,5	$\frac{1\,000}{895}$	220Δ	10	$\frac{220}{145}$	113	36	0,1	5 900	$\frac{8,4}{10,9}$×20,2×3,1	1—6	27	1	То же	1,68/1,98	4,5		5,16	39,2	18	45	4	1	4	2,63/3,28	5,6	3,7
			380Δ	5,77								47	1		1,25/1,5	4,65	190	5,0									
			500Δ	4,1								62	1		1,08/1,33	4,8		4,92									
11-4	5,5	$\frac{1\,500}{1\,400}$	220Δ	20,6	$\frac{220}{145}$	158	24	0,4	6 000	$\frac{10,2}{13,5}$×18,8×3,5	1—6	38	2	. .	1,5/1,75	5,8		4,67	61,6	57,5	36	4	1	4	3,05/2,63	7,2	3,15
			380Δ	11,9								34	1		1,62/1,92	5,75	210	4,85									
			500Δ	9,1								44	1		1,45/1,7	5,5		5,05									
14-6	3,5	$\frac{1\,000}{900}$	220Δ	13,7	$\frac{220}{145}$	155	36	0,4	5 700	$\frac{8,4}{10,9}$×20,2×3,1	1—6	42	2	. .	1,4/1,65	4,45		6,52	51	51	45	4	1	4	2,63/3,28	5,9	11,32
			380Δ	7,9								36	1		1,5/1,75	4,45	200	6,4									
			500Δ	6								47	1		1,3/1,55	4,5		6,3									
15-4	7,4	$\frac{1\,500}{1\,400}$	220Δ	26	$\frac{220}{145}$	143	24	0,4	5 400	$\frac{7,9}{10,9}$×24,2×3,5	1—6	35	1	2 пар.	1,5/1,75	7,3		4,16	72	67	36	4	1	4	2,41/3,8	7,2	8,6
			380Δ	15								30	1	Последовательное	1,62/1,92	7,3	236	4,16									
			500Δ	11,4								40	1		1,1/1,65	7,1		4,11									
15-6	4,8	$\frac{1\,000}{905}$	220Δ	18,3	$\frac{250}{169,9}$	143	36	0,45	5 900	$\frac{9,3}{11,7}$×20,2×3,1	1—6	37	1	2 пар.	1,5/1,75	5,2		6,33	66,5	51	45	5—	1	4,8	3,05/3,45	7	4,26
			380Δ	10,6								32	1	2 пар.	1,62/1,92	5,1	225	6,31				5—					
			500Δ	8								42	1	2 пар.	1,4/1,65	5,2		6,23				4					

Примечания. 1. Обмотка статора однослойная шаблонная.
2. Обмотка ротора — катушечная, соединение катушек последовательное
3. Сопряжение фаз ротора Δ.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии МКБ (форма К)

Тип МКБ	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{э_1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ_1, а/мм²	A_1, а/см	G_{Cu_1}, кг	Ротор: z_2	размеры стержня, шир./выс. мм
17-4	3,7	1 470	220Δ	13,5	$\frac{290}{195}$	128	36	0,4	5 600	$\frac{8,4}{10,9}$×20,2×3,1	1—8	26	2	Последовательное	1,74/2,04	2,82		7,14	43	7,0
			380Δ	7,35							1—10	44	2		1,3 1,6	2,76	100	6,74		
			500Δ	6,0								29	1		1,62/1,92	2,9		6,91		
17-6	2,6	975	220Δ	10,3	$\frac{290}{195}$	128	36	0,4	5 750	$\frac{7,9}{10,9}$×24,2×3,6	1—6	36	2	То же	1,62/1,92	2,6		7,0	54	2,63/12,5
			380Δ	6,0								32	1		1,74/2,04	2,54	113	7,15		
			500Δ	4,5								42	1		1,5 1,8	2,55		7,9		
17-8	2,2	715	220Δ	9,8	$\frac{290}{195}$	128	48	0,4	5 300	$\frac{6,5}{10,4}$×26,5×3,2	1—6	40	2	" "	1,45 1,75	2,95		7,58	67	2,63/11,6
			380Δ	5,6								35	1		1,56/1,86	2,95	154	7,6		
			500Δ	4,3								46	1		1,35/1,7	3,0		7,52		
18-6	3,5	975	220Δ	14,0	$\frac{290}{195}$	178	36	0,4	5 400	$\frac{7,9}{10,9}$×24,2×3,6	1—6	29	1	2 пар.	1,74/2,04	2,92		7,8	54	2,63/12,5
			380Δ	8,1								25	1	Последовательное	1,88/2,18	2,92	120	7,8		
			500Δ	6,2								33	1		1,62/1,92	3,0		7,52		
18-8	2,8	720	220Δ	12	$\frac{290}{135}$	178	18	0,4	5 200	$\frac{6,5}{10,4}$×26,5×3,2	1—6	30	2		1,81/2,11	2,35		10,45	67	2,53/11,6
			380Δ	6,94								26	1		1,88/2,18	2,5	140	9,79		
			500Δ	5,3								34	1		1,68/1,98	2,4		10,21		

Примечания: 1. Обмотка статора однослойная шаблонная.
2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии МКА (с фазным ротором) и МКБ (с короткозамкнутым ротором)

Тип	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{э1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{Cu1}, кг	Ротор: U_2, в	I_2, а	z_2	$n_{э2}$	a_2	$N_{э2}$ расч	Ø стержня, мм голого/изолированного	Δ_2, а/мм²	G_{Cu2}, кг
17-4	11 12	1 500 1 430	220 Д 380 Д 500 Д	39,[illegible] 22,9 17,4	290/195	128	36	0,4	7 200	6,4/10,9×20,2×3,1	1—8 1—10	21 34 41	2 2 2	Последовательное	1,95/2,25 1,[illegible]/1,75 1,3/1,[illegible]	6,6 6,5 6,6	230	6,[illegible] 6,9 6,74	116	61	[illegible]	4	1	4	2,44/3,[illegible]	[illegible]	5,3
17-6	7,1	1 000/955	220 Д 380 Д 500 Д	29,4 17 12,9	290/195	128	36	0,4	7 600	7,9/10,9×24,2×3,6	1—6	[illegible] 48 32	2 2 1	То же	1,81/2,11 1,4/1,7 1,74/2,04	5,7 5,5 5,15	240	6,[illegible] 6,99 7,15	91,5	3	54	4	1	4	2,44/3,[illegible]	5,7	[illegible]
17-8	5,5 6	750/690	220 Д 380 Д 500 Д	23,4 13,5 10,2	290/195	128	48	0,4	6 800	6,5/10,4×26,5×3,2	1—[illegible]	30 2[illegible] 3[illegible]	1 1 1	211 Последовательное	1,68/1,98 1,81/2,11 1,[illegible]/1,[illegible]	[illegible] 5,25 5,3	2[illegible]	7,59 7,92 7,6	69,6	60	[illegible]	4	1	4	2,44/[illegible]	6,[illegible]	7,9
18-4	15	1 500/1 455	220 Д 380 Д 500 Д	55 30,6 23,5	290/195	178	36	0,4	6 900	3,4/10,9×20,2×3,1	1—8; 1—10	30 2[illegible] 31	2 2 2	211 Последовательное	1,62/1,92 1,74/2,04 1,[illegible]/1,[illegible]	6,4 6,4 6,6	235	8,02 8,03 7,8	151	62,5	48	4	1	4	2,44/3,[illegible]	[illegible]	[illegible]
18-6	8,8	1 000/955	220 Д 380 Д 500 Д	31,[illegible] 20 15,2	290/195	178	36	0,4	7 100	7,9/10,9×24,2×3,6	1—6	22 33 25	2 2 1	То же	1,95/2,25 1,5/1,8 1,88/2,18	5,8 5,6 5,5	225	7,5 7,63 7,[illegible]	117	49	[illegible]	4	1	4	2,44/3,[illegible]	[illegible]	[illegible]
18-8	6,6 7,5*	750/705	220 Д 380 Д 500 Д	27,4 15,8 12	290/195	178	48	0,4	6 700	6,5/10,4×26,5×3,2	1—6	23 40 26	1 2 1	211 Последовательное	1,95/2,25 1,5/1,8 1,88/2,18	4,[illegible] 4,5 4,35	245	9,31 9,58 9,79	91,2	44,5	[illegible]	4	1	[illegible]	2,44/3,8	4,8	[illegible]

* Относится к данным электродвигателей серии МКБ (с короткозамкнутым ротором).
Примечания: 1. Обмотка статора однослойная шаблонная.
2. Обмотка ротора катушечная, соединение катушек последовательное, сопряжение фаз Д.

Таблица обмоточных данных электродвигателей МКА (форма С)

Тип	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размеры паза, мм	Род обмотки	y_1	$n_{э1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{Cu1}, кг	Ротор: U_2, в	I_2, а	z_2	$N_{э2}$ расч	a_2	$N_{э2}$ расч	Ø стержня, мм голого/изолированного	Δ_2, а/мм²	G_{Cu2}, кг
19-4	18,5	1 500/1 430	220 Д 380 Д 500 Д	64,[illegible] 37,3 28,4	340/230	142	36	0,5	7 900	9,3/11,7×20,2×3,1	Шаблонная	1—8; 1—10	21 24 32	3 2 2	Последовательное	2,02/2,32 1,38/2,18 1,62/1,92	6,7 6,7 6,9	225	8,5 8,42 8,34	161	72	48	4	1	4	2,83/3,[illegible]	7,2	7,12
19-6	11,5	1 000/940	220 Д 380 Д 500 Д	44 25,4 19,3	340/230	142	36	0,5	7 500	9,2/11,7×27,7×3,2	Однослойная	1—6	33 38 50	3 2 2	То же	1,74/2,04 1,62/1,92 1,4/1,7	6,2 6,2 6,3	240	8,55 8,55 8,4	116	67,4	54	4	1	4	3,05/3,53	6,2	7,1
19-8	8,8	750/700	220 Д 380 Д 500 Д	35,6 20,6 15,7	340/250	142	6[illegible]	0,5	100	7,2/9,6×26,2×3,1	Двухслойная	1—7	40 34 44	2 1 1	2 пар 2 пар. 2 пар.	1,5/1,8 1,62/1,92 1,4/1,7	5,1 5,0 5,1	270	12,3 12,1 11,3	110	53	72	4	1	4	2,83/3,53	5,1	8,54
20-4	22,5	1 500/1 430	220 Д 380 Д 500 Д	77,[illegible] 41,8 34,2	340/230	182	36	0,5	7 500	9,3/11,7×20,2×3,1	Шаблонная	1—8 1—10	22 20 26	2 2 2	2 пар. Последовательное	1,71/2,01 1,88/2,18 1,68/1,98	8,1 8,1 7,7	225	7,3 7,75 8,0	19[illegible]	72,6	48	4	1	4	2,83/3,53	7,2	7,9
20-6	15	1 000/945	220 Д 380 Д 500 Д	56,2 32,5 24,7	340/230	182	36	0,5	7 500	9,2/11,7×27,7×3,2	Однослойная	1—6	31 30 40	2 2 2	2 пар. Последовательное	1,68/1,98 1,81/2,11 1,62/1,92	6,3 6,3 6,0	240	9,2 9,4 10	147	68,6	4	4	1	4	3,05/3,53	6,4	7,9
20-8	11,8	750/705	220 Д 380 Д 500 Д	46,[illegible] 26,9 2[illegible],4	340/250	182	60	0,5	6 300	7,2/9,6×26,2×3,1	Двухслойная	1—7	30 26 31	1 1 1	4 пар. 2 пар. 2 пар.	1,68/1,98 1,81/2,11 1,62/1,92	5,2 5,2 4,9	265	13,1 13 13,7	143	58	72	4	1	4	2,83/3,53	5,8	9,55

Примечание. Обмотка ротора катушечная, соединение катушек последовательное, сопряжение фаз Д.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии МКА (форма С)

Тип МКА	P_2, [illegible]	[illegible]	U_1, [illegible]	I_1, [illegible]	$\frac{D_2}{D_1}$, мм	t_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, [illegible]	Размер паза, мм	Род обмотки	y_1	$n_{э1}$	a_1
[illegible]	30	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,6	[illegible]	[illegible]	Однослойная шаблонная	1—10 1—1[illegible]	27	1
			[illegible]	[illegible]									30	2
			[illegible]	44,[illegible]									40	3
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Двухслойная	1—[illegible]	36	4
			[illegible]	[illegible]									40	2
			[illegible]	[illegible]									[illegible]	1
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		1—[illegible]	51	3
			[illegible]	[illegible]									60	2
			[illegible]	[illegible]									40	2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,6	[illegible]	[illegible]	Однослойная шаблонная	1—10 1—1[illegible]	21	1
			[illegible]	[illegible]									24	2
			[illegible]	[illegible]									24	1
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Двухслойная	1—[illegible]	18, 18—21 21—18—18	3
			[illegible]	[illegible]									44	2
			[illegible]	[illegible]									40	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		1—[illegible]	42	4
			[illegible]	[illegible]									48	2
			[illegible]	[illegible]									64	2

Примечание. Обмотка ротора катушечная, соединение катушек последовательное. Сопряжение фаз ротора Д.

Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	Λ, а/см	G_{Cu_1}, кг	U_2, в	I_2, а	z_2	$n_{э2}$	a_2	эфф N_2 расч	Δ стержня, мм голого/изолированного	Δ_2, а/мм²	G_{Cu_2}, кг
2 парал.	1,74/2,04	7,3	270	12,1	246	76	60	4	1	4	2,83/3,53	[illegible]	[illegible]
2 парал.	1,62/1,92	7,15		11,6									
Последовательное	1,62/1,92	7,23		11,6									
2 парал.	1,81/2,11	5,27	290	17,6	200	73,7	[illegible]	4	1	4	2,83/3,53	[illegible]	10,2
2 парал.	1,68/1,98	5,31		17,1									
2 парал.	2,1/2,4	5,2		17,3									
2 парал.	1,68/1,98	4,64	290	18,4	152	71	72	4	1	4	3,05/3,[illegible]	6,3	10,52
2 парал.	1,56/1,86	4,64		17,6									
Последовательное	1,95/2,25	4,51		18,4									
2 парал.	1,95/2,25	7,9	265	12,9	307	[illegible]	60	4	1	4	2,83/3,53	7,7	9,[illegible]
2 парал.	1,81/2,11	7,0		12,7									
Последовательное	1,81/2,11	7,1		12,[illegible]									
2 парал.	1,74/2,04	5,0	270	19,1	272	67,5	72	4	1	4	2,83/3,53	6,[illegible]	11,2
3 парал.	1,62/1,92	4,8		19,1									
2 парал.	1,74/2,04	4,76		20,1									
2 парал.	1,88/2,18	4,6	290	19,9	190	71,[illegible]	72	4	1	4	3,05/3,8	6,[illegible]	11,7
2 парал.	1,74/2,04	4,62		19,[illegible]									
2 парал.	1,5/1,8	4,75		19,4									

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии МКА (форма С)

Тип МКА	P_2, [illegible]	[illegible]	U_1, [illegible]	I_1, [illegible]	$\frac{D_2}{D_1}$, мм	t_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, [illegible]	Размер паза, мм	y_1	$n_{э1}$	a_1
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	445/320	[illegible]	[illegible]	0,7	6 700	[illegible]×31,2×3,2	1—11	16—16—12—12—16—16	4
			[illegible]	[illegible]								24	2
			[illegible]	[illegible]								32	2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	445/320	[illegible]	[illegible]	0,7	6 300	[illegible]×31,2×3,1	1—8	30	3
			[illegible]	[illegible]								34	1
			[illegible]	41,[illegible]								44	2
[illegible]	[illegible]	1 000 [illegible]	[illegible]	[illegible]	445/320	217	[illegible]	0,7	6 800	[illegible]×31,2×3,2	1—11	24	4
			[illegible]	[illegible]								30	3
			[illegible]	[illegible]								40	2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	445/320	217	[illegible]	0,7	6 500	[illegible]×31,2×3,1	1—8	32	2
			[illegible]	[illegible]								42	3
			[illegible]	[illegible]								36	2

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная. 2. Обмотка ротора катушечная, соединение катушек последовательное. 3. Сопряжение фаз ротора Д.

Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	Λ, а/см	G_{Cu_1}, кг	U_2, в	I_2, а	z_2	$n_{э2}$	a_2	эфф N_2 расч	Δ стержня, мм голого/изолированного	Δ_2, а/мм²	G_{Cu_2}, кг
2 парал.	1,95/2,25	5,55	330	24,1	318	71,6	90	4	1	4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2 парал.	2,1/2,4	5,5		24									
2 парал.	1,81/2,11	5,7		23,[illegible]									
2 парал.	2,1/2,4	4,56	330	27,3	246	69	[illegible]	4	1	4	4,7/3,05	4,8	[illegible]
4 парал.	1,95/2,25	4,6		26,[illegible]									
2 парал.	1,68/1,98	4,7		25,6									
2 парал.	2,1/2,4	5,5	315	25,9	380	72	[illegible]	4	1	4	4,4/2,83	[illegible]	17,1
2 парал.	1,88/2,18	5,3		25,9									
3 парал.	[illegible]	[illegible]		25,6									
4 парал.	2,1/2,4	4,3	330	31,6	[illegible]	71	[illegible]	4	1	4	[illegible]	[illegible]	20,[illegible]
2 парал.	[illegible]	4,4		30,8									
2 парал.	1,95/2,25	4,35		[illegible]									

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии АД

Тип АД	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размеры паза / зубца, мм	y_1	$n_{э_1}$	a_1	d/d', мм	Δ_1, а/мм²	A, а/см	G_{c_1}, гс	Ротор: z_2
21/2	1,6	3 000 / 2 915	127/220	10,5/6,1	152/82	90	24	0,35	5 600	⌀ 9,0—⌀7,5·2,2 / ×0,8—13,8	1—9	34	1	1,0/1,16	7,7	190	1,4	18
			220/380	6,1/3,5								58	1	0,77/0,93	7,5		1,41	
			500Д	2,75								76	1	0,67/0,82	7,4		1,6	
22/2	2,2	3 000 / 2 915	127/220	13,8/8,0	152/82	112	24	0,35	5 600	⌀ 9,0—⌀ 7,5·2,2 / ×0,8—13,8	1—9	26	1	1,16/1,34	7,6	195	1,6[illegible]	[illegible]
			220/380	8,0/4,6								46	1	0,86/1,02	8,0		1,[illegible]	
			500Д	3,5								60	1	0,77/0,93	7,5		1,65	
21/4	1,0	1 500 / 1 425	127/220	7,25/4,2	152/82	76	24	0,3	7 400	⌀ 9,4—⌀ 6,8·2,0 / ×0,8—17,7	1—6	60	1	0,93/1,09	6,2	230	1,6[illegible]	30
			220/380	4,2/2,4								102	1	0,67/0,82	6,8		1,4[illegible]	
			500Д	1,83								134	1	0,58/0,74	6,9		1,46	
22/4	1,5	1 500 / 1 425	127/220	10,2/5,9	152/82	105	24	0,3	7 400	⌀ 9,4—⌀ 6,8·2,0 / ×0,8—17,7	1—6	42	1	1,08/1,26	6,5	235	1,8[illegible]	30
			220/380	5,9/3,4								74	1	0,8/0,96	6,8		1,79	
			500Д	2,6								96	1	0,69/0,85	7,0		1,74	
21/6	0,55	1 000 / 940	127/220	4,85/2,8	152/82	76	27	0,25	7 600	⌀ 9,1—⌀ 6,1—2,0 / ×0,8—20,6	1—5	76	1	0,83/0,99	5,2	220	1,73	35
			220/380	2,8/1,6								132	1	0,62/0,77	5,3		1,69	
			500Д	1,22								174	1	0,53/0,69	5,5		1,6[illegible]	
22/6	0,85	1 000 / 910	127/220	6,75/3,9	152/82	105	27	0,25	7 600	⌀ 9,1—⌀ 6,1—2,0 / ×0,8—20,6	1—5	56	1	1,0/1,16	5,0	230	2,18	[illegible]
			220/380	3,9/2,3								93	1	0,74/0,9	5,3		2,06	
			500Д	1,75								125	1	0,62/0,77	5,3		1,9	

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная, соединение катушек последовательное.
2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии АД

Тип АД	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{э_1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{c_1}, гс	Ротор: z_2
31-2	3,2	3 000 / 2 935	127/220	19,7/11,4	182/98	100	24	0,45	5 500	⌀ 10,1—⌀ 8,3—2,5 / ×0,8—16,5	1—9	48	2	Последовательное	0,96/1,12	7,8	215	2,14	18
			220/380	11,4/6,6								42	1		1,04/1,2	7,8		2,14	
			500Д	5,0								54	1		0,96/1,12	7,7		2,17	
32-2	4,2	3 000 / 2 930	127/220	25,6/14,8	182/98	122	24	0,45	5 600	⌀ 10,1—⌀ 8,3—2,5 / ×0,8—16,5	1—9	40	2	То же	1,08/1,24	8,1	230	2,[illegible]	[illegible]
			220/380	14,8/8,6								34	1		1,16/1,34	8,1		2,34	
			500Д	6,5								44	1		1,0/1,16	8,2		[illegible]	
31-4	2,2	1 500 / 1 440	127/220	14,2/8,2	182/108	86	24	0,3	7 500	⌀ 10,4—⌀ 7,6—2,3 / ×0,8—19,6	1—6	80	2	То же	0,86/1,02	7,0	255	2,2	[illegible]
			220/380	8,2/4,8								68	1		0,96/1,12	6,6		[illegible]	
			500Д	3,6								90	1		0,8/0,96	7,1		2,2	
32-4	3,2	1 500 / 1 440	127/220	20,[illegible]/11,7	182/108	116	24	0,3	7 300	⌀ 10,4—⌀ 7,6—2,3 / ×0,8—19,6	1—6	78	1	То же	1,04/1,2	6,9	265	2,[illegible]	[illegible]
			220/380	11,7/6,8								50	1		1,12/1,3	6,9		[illegible]	
			500Д	5,2								66	1		0,96/1,12	7,1		[illegible]	
31-[illegible]	1,2	1 000 / [illegible]	127/220	[illegible]	182/118	90	27	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1—5	52	1	То же	1,12/1,3	5,4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
			220/380	5,[illegible]								[illegible]	1		[illegible]	[illegible]		[illegible]	
			500Д	2,[illegible]								118	1		0,74/0,[illegible]	[illegible]		[illegible]	
[illegible]	[illegible]	1 000 / 955	127/220	13,0/7,5	182/118	122	27	[illegible]	6 400	⌀ 10,2—⌀ 7,6—2,3 / ×0,8—20,9	1—5	38	1	То же	1,3/1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
			220/380	7,5/4,4								66	1		1,0/1,[illegible]	[illegible]		[illegible]	
			500Д	[illegible]								[illegible]	1		[illegible]	[illegible]		[illegible]	

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная, соединение катушек последовательное.
2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии АД

Тип АД	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_t, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{эл1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	z_2
41-2	5,1	3 000 / 2 925	127/220	31,0/17,9	213 / 115	110	24	0,5	5 800	∅ 11,7—∅ 9,9—2,8 ×1,0—17,8	1—9	38	2	Последовательное	1,3/1,48	6,8	220	3,32	18
			220/380	17,9/10,4								32	1		1,4/1,185	6,8		3,32	
			500Δ	7,9								42	1		1,2/1,38	7,0		3,2	
42-2	7,4	3 000 / 2 920	127/220	44/25,4	213 / 115	136	24	0,5	5 800	∅ 11,7—∅ 9,9—2,8 ×1,0—17,8	1—9	30	1	211	1,45/1,63	7,6	250	3,36	18
			220/380	25,4/14,7								52	2	Последовательное	1,08/1,265	8,0		3,52	
			500Δ	11,2								34	1		1,35/1,53	7,8		3,6	
41-4	4,3	1 500 / 1 445	127/220	26,8/15,4	213 / 128	100	36	0,35	7 700	∅ 7,7—∅ 5,2—2,5 ×1,0—20,8	7—8	38	2		1,16/1,34	7,3		3,12	
			220/380	15,4/8,9								32	1	То же	1,25/1,43	7,3	255	3,12	27
			500Δ	6,8								42	1	„ „	1,08/1,26	7,4		3,0	
42-4	5,8	1 500 / 1 445	127/220	25,3/20,4	213 / 128	130	36	0,35	7 300	∅ 7,7—∅ 5,2—2,5 ×1,0—20,8	1—8	30	1	211	1,3/1,42	7,6	275	3,58	27
			220/380	20,4/11,8								26	1	Последовательное	1,4/1,58	7,6		3,58	
			500Δ	9,0								34	1		1,25/1,43	7,4		3,68	
41-6	2,7	1 000 / 965	127/220	18,6/10,8	213 / 143	110	36	0,35	7 200	∅ 8,7—∅ 6,5—2,0 ×1,0—20,6	1—6	48	2		1,08/1,26	5,9	210	3,39	44
			220/380	10,8/6,3								42	1	То же	1,16/1,34	6,0		3,43	
			500Δ	4,8								56	1	„ „	1,0/1,16	6,1		3,36	
42-6	3,5	1 000 / 965	127/220	23,7/13,7	213 / 143	136	36	0,35	7 200	∅ 8,7—∅ 6,5—2,0 ×1,0—20,6	1—6	40	2	Последовательное	1,2 1,38	6,1	215	3,78	44
			220/380	13,7/7,9								34	1		1,3/1,42	6,0		3,85	
			500Δ	6,0								44	1		1,12/1,28	6,1		3,78	
51-8	2,8	750 / 720	127/220	21,3/12,3	245 / 169	122	36	0,4	6 300	∅ 10,3—∅ 7,9—3 ×1,0—23,1	1—5	56	2		1,16/1,34	5,8		4,75	
			220/380	12,3/7,1								48	1	То же	1,25/1,43	5,8	230	4,75	44
			500Δ	5,4								62	1		1,08/1,26	5,9		4,81	

Примечания. 1. Обмотка статора двухслойная. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии АД

Тип АД	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_t, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размеры паза, мм	y_1	$n_{эл1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	Ротор: z_2
51—2	10	3 000 / 2 935	127/220	59,34,2	245 / 132	122	24	0,6	6 100	∅12,8—∅11—3,0 ×1,0—18,8	1—9	56	4	Последовательное	1,12/1,28	8,7	275	4,09	18
			220/380	34,2/19,8								48	2		1,2/1,38	8,7		4,09	
			500Δ	15,0								64	2		1,05/1,21	8,7		4,09	
52—2	12	3 000 / 2 935	127/220	71/41	245 / 132	142	24	0,6	6 200	∅12,8—∅11—3,0 ×1,0—18,8	1—9	44	4	То же	1,25/1,43	8,3	275	4,56	18
			220/380	41/23,8								40	2		1,35/1,53	8,3		4,56	
			500Δ	18								52	2		1,16/1,34	8,5		4,45	
51—4	7,8	1 500 / 1 450	127/220	47/27,2	245 / 148	116	36	0,4	8 300	∅8,7—∅5,6—3,0 ×1,0—24,3	1—8	26	2	„ „	1,56/1,81	7,0	270	4,55	42
			220/380	27,2/15,8								44	2		1,2/1,38	7,0		4,55	
			500Δ	12								30	1		1,45/1,63	7,2		4,42	
52—1	10	1 500 / 1 450	127/220	60/34,7	245 / 148	142	36	0,4	8 300	∅8,7—∅5,6—3 ×1,0—24,3	1—8	30	3	„ „	1,45/1,63	7,0	280	5,13	42
			220/380	34,7/20,1								36	2		1,35/1,53	7,0		5,13	
			500Δ	15,3								48	2		1,16/1,34	7,2		5,0	
51—6	5,0	1 000 / 955	127/220	33/19	245 / 169	122	36	0,4	7 300	∅10,3—7,9—3,0 ×1,0—23,1	1—6	56	1	311 Последовательное	1,16/1,34	6,0	235	5,06	41
			220/380	19/11								64	2		1,03/1,26	6,0		5,06	
			500Δ	8,4								42	1		1,35/1,53	6,0		5,05	
52—6	6,0	1 000 / 965	127/220	39/22,6	245 / 169	150	36	0,4	6 700	∅10,3—7,9—3,0 ×1,0—23,1	1—6	48	3	То же	1,25/1,43	6,2	250	5,72	41
			220/380	22,6/13,1								56	2		1,16/1,34	6,2		5,72	
			500Δ	10								36	1		1,45/1,63	6,1		5,6	
52—8	3,5	750 / 720	127/220	26/15	245 / 169	150	36	0,4	6 500	∅10,3—7,9—3,0 ×1,0—23,1	1—5	44	2	„ „	1,35/1,53	5,3	225	5,64	41
			220/380	15/8,7								38	1		1,45/1,63	5,3		5,64	
			500Δ	6,6								50	1		1,25/1,43	5,3		5,61	

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии АД

Тип АД	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор														Ротор
					$\frac{a}{D_i}$, мм	$\frac{l_t}{мм}$	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{э1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	z_2
61—2	16	3 000 / 2 940	127/220	97/56	280 / 153	140	30	0,7	5 500	12,8—10,4—3,5 / ×1,0—25,0	1—10	40	4	Последовательное	1,56/1,81	7,4		8,4	21
			220/380	56/32,3							1—11	48	3		Ø1,35/1,6	7,5	325	8,9	
			500Δ	24,5							1—10	44	2		1,45/1,7	7,35		8,0	
62—2	20	3 000 / 2 940	127/220	114/66	280 / 153	170	30	0,7	6 000	12,8—10,4—3,5 / ×1,0—25,0	1—11	42	3	211	1,4/1,58	7,1		8,3	21
			220/380	66/38,2							1—11	48	4	Последовательное	1,35/1,6	6,7	290	8,8	
			500Δ	29							1—11	48	3		1,35/1,60	6,8		8,8	
71—2	28	3 000 / 2 950	127/220	16/93	328 / 178	170	36	0,8	5 100	12,3—9,6—3,5 / ×1,0—28,6	1—11	48	4	211	1,45/1,7	7,0		11,8	27
			220/380	93/54							1—12	60	3	211	1,25 1,5	7,3	350	11,6	
			500Δ	41							1—11	39	3	Последовательное	1,56/1,81	7,2		11,8	
72—2	35	3 000 / 2 950	127/220	200/116	328 / 178	200	36	0,8	5 800	12,3—9,6—3,5 / ×1,0—28,6	1—11	40	4	211	1,6/1,85	7,2		13,5	27
			220/380	116/67							1—12	48	3	211	1,45/1,7	6,8	345	13,4	
			500Δ	51							1—12	36	2	Последовательное	1,68/1,9	6,6		13,4	
81—2	48	3 000 / 2 950	127/220	270/157	370 / 200	190	36	0,8	5 900	14—11,2—3,5 / ×1,0—27,5	1—11	32	4	211	1,81/2,06	7,7		16,5	27
			220/380	157/91							1—12	28	2	211	1,95/2,2	7,6	365	16,6	
			500Δ	69							1—13	64	2	211	1,68/1,9	7,8		17,5	
82—2	60	3 000 / 2 960	127/220		370 / 200	230	36	0,8	5 700	14—11,2—3,5 / ×10—27,5	1—13	36	3	211	1,81/2,06	7,4	390	18,3	27
			220/380	195/113															
			500Δ	85,5							1—13	48	3	211	1,56/1,81	7,3		18,1	27

Таблица обмоточных данных электродвигателей серии АД

Тип АД	P_2, квт	n_c/n, об/мин	U_1, в	I, а	Статор													Ротор
					$\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_t, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размеры паза, мм	y_1	$n_{э1}$	d_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	z_2
91-2	80	3 000 / 2 960	127/220	440/253	425 / 230	200	42	0,9	5 900	9,8×23	1—15	24	4	211	3,28×1,35 / 3,53×1,60	7,1		28,0	33
			220/380	253/145							1—15	20	2	211	3,28×1,56 / 3,53×1,81	7,1	425	25,8	
			500 Δ	110							1—16	10—12	2	Последовательное	3,28×1,35 / 3,53×1,60	7,2		25,5	
92-2	93	3 000 / 2 960	127/220	502/291	425 / 230	240	42	0,9	6 100	9,8×23	1—15	20	4	211	3,28×1,56 / 3,53×1,81	7,1		27,0	33
			220/380	291/168							1—15	16	2	211	3,28×1,95 / 3,53×2,2	6,6	395	27,1	
			500 Δ	128							1—16	20	2	211	3,28×1,56 / 3,53×1,81	6,3		27,0	
101-2	115	3 000 / 2 970	127/220	632/365	495 / 270	220	48	1,0	5 000	10,5×21	1—14	20	4	211	3,53×1,81 / 3,78×2,06	7,2		36,5	19
			220/380	365/211							1—14	16	2	211	3,53×2,1 / 3,83×2,4	7,1	475	35,9	
			500 Δ	160							1—15	20	2	211	3,53×1,68 / 3,78×1,93	6,8		36,0	
102-2	115	3 000 / 2 970	127/220		495 / 270	270	48	1,0	5 400	10,5×21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			220/380	155/264							1—15	12	2	211	3,53×2,83 / 3,83×3,13	6,6	450	40,0	40
			500 Δ	201							1—15	16	2	211	3,53×2,1 / 3,83×2,4	6,8		39,5	

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Обмоточные данные асинхронных двигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором, залитым алюминием, серии „Урал"

Тип P	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор												Ротор	
					$\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_t, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размеры паза, мм	y_1	$n_{э1}$	a_1	d/d', мм	Δ_1, а/мм²	A, а/см	G_{Cu_1}, кг	z_2	G_{Al_2}, кг
21-4	1,0	1 500 / 1 440	127/220	6,9/4,0	182 / 115	75	36	0,3	5 600	5,1* / 7,9 (17,5+0,5)·2,2	1—8	38	1	0,96/1,12	5,5	150	1,8	26	0,7
			220/380	4,0/2,3								61	1	0,72/0,90	5,7	150	1,8		
			500 Δ	2,75								82	1	0,63/0,79	5,8	150	1,8		
22-4	1,6	1 500 / 1 440	127/220	10,1/6,9	182 / 115	95	36	0,3	6 100	5,4 / 7,9 (17,5+0,5)·2,2	1—9	26	1	1,12/1,3	6,1	160	3,2	26	0,8
			220/380	6,0/3,45								36	1	0,86/1,04	5,9	160	2,2		
			500 Δ	2,65								60	1	0,74/0,92	6,1	160	2,2		
21-6	0,5	1 000 / 955	127/220	4,5/2,6	182 / 116	75	36	0,3	5 600	5,1 / 7,9 (17,5+0,5)·2,2	1—6	54	1	0,71/0,92	6,0	140	1,5	46	0,7
			220/380	2,6/1,5								94	1	0,57/0,74	5,9	140	1,5		
			500 Δ	1,15								122	1	0,49/0,655	6,1	140	1,5		
22-6	0,8	1 000 / 955	127/220	6,6/3,8	182 / 115	95	36	0,3	6 000	5,1 / 7,9 (17,5+0,5)·2,2	1—6	40	1	0,99/1,06	6,0	155	1,8	46	0,8
			220/380	3,8/2,2								70	1	0,69/0,86	5,9	155	1,8		
			500 Δ	1,70								92	1	0,59/0,76	6,2	155	1,8		

* Числитель дроби означает меньшую ширину паза, знаменатель — большую ширину паза, в скобках первая слева цифра — высоту паза до усика, вторая — высоту усика, за скобкой — ширину прорези.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная секционная, соединение катушек последовательное. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Обмоточные данные асинхронных двигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором, залитым алюминием, серии „Урал"

Тип Р	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{э1}$	a_1	d/d', мм	Δ_1, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	Ротор: z_2	G_{Al_2}, кг
31-4	2,5	$\frac{1\,500}{1\,435}$	127/220 220/380 500 Δ	16,3/9, 9,4/5 4	210/127	85	36	0,3	6 500	7* (21,7+1,3) 2,7	1—9	26 44 60	1 1 1	1,4/1,585 1,08/1,20 0,[illegible]	6,1 5,9 [illegible]	215 215 215	[illegible] [illegible]	26	1,0
32-4	3,4	$\frac{1\,500}{1\,435}$	127/220 220/380 500 Δ	21/12, 12,1/7,0 5,3	210/127	105	36	0,3	6 400	7 (21,7+1,3) 2,7	1—9	20 30 46	1 1 1	1,[illegible]/1,605 1,[illegible]/1,36 1,08/1,[illegible]	[illegible] [illegible] [illegible]	220 220 220	3,8 [illegible] [illegible]	26	1,2
31-6	1,3	$\frac{1\,000}{955}$	127/220 220/380 500 Δ	9,7/5,6 5,6/3,2 2,5	210/127	85	36	0,3	6 400	7 (21,7+1,3) 2,7	1—6	36 66 86	1 1 1	1,2[illegible],11 [illegible],08 0,77/0,[illegible]	5,0 5,1 5,4	190 190 190	2,8 2,[illegible] 2,7	46	1,0
32-6	1,8	$\frac{1\,000}{955}$	127/220 220/380 500 Δ	13,2/7,6 7,6/4,4 3,4	210/127	105	36	0,3	6 600	7 (21,7+1,3) 2,7	1—6	30 52 68	1 1 1	1,3/1,51 1,0/1,21 0,86/1,04	5,7 5,9 5,9	205 205 205	3,0 3,0 2,[illegible]	46	1,2

* В скобках первая слева цифра означает высоту паза до усика, вторая — высоту усика, за скобкой цифра — ширину прорези.

Примечания: 1. Обмотка статора двухслойная секционная, соединение катушек последовательное. 2. Обмотка ротора короткозамкнутая.

Обмоточные данные асинхронных двигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором, залитым алюминием, серии „Урал"

Тип Р	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{э1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ_1, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	Ротор: z_2	G_{Al_2}, кг
41-4	4,5	$\frac{1\,500}{1\,450}$	127/220 220/380 500 Δ	28,7/16,6 16,6/9,6 7,3	$\frac{245}{151}$	95	36	0,35	7 000	7,2* (21+1,5) 3,0	1—9	34 30 40	1 1 1	2 Последовательное	1,25/1,[illegible] 1,[illegible],56 1,16/1,37	6,8 6,7 7,0	215 215 215	[illegible] 4,0 3,9	26	1,4
42-4	5,8	$\frac{1\,500}{1\,450}$	127/220 220/380 500 Δ	35,4/20,4 20,4/11,8 9,0	$\frac{245}{154}$	115	36	0,35	6 600	7,2 (21+1,5) 3	1—9	30 26 32	1 1 1	2 Последовательное	1,35/1,56 1,5/1,71 1,3/1,51	7,1 6,7 6,7	230 230 230	4,1 4,3 4,3	26	1,6
41-6	2,6	$\frac{1\,000}{965}$	127/220 220/380 500 Δ	18,2/10,55 10,55/6,1 4,6	$\frac{245}{154}$	95	36	0,35	7 000	7,2 (21+1,5) 3	1—6	26 44 58	1 1 1	2 Последовательное	1,5/1,71 1,[illegible]/1,33 0,[illegible]/1,14	6,0 6,1 6,3	200 200 200	[illegible] [illegible] [illegible]	46	1,4
42-6	3,2	$\frac{1\,000}{965}$	127/220 220/380 500 Δ	22,5/13,0 13,0/7,5 5,7	$\frac{245}{154}$	115	36	0,35	7 200	7,2 (21+1,5) 3	1—6	42 36 46	1 1 1	2 Последовательное	1,12/1,33 1,25/1,46 1,03/1,29	[illegible] 6,2 6,2	2[illegible] 200 200	[illegible] [illegible] 3,1	46	1,6

* Числитель дроби означает меньшую ширину паза, знаменатель — большую ширину паза, в скобках первая слева цифра — высоту паза до усика, вторая — высоту усика за скобкой цифра — ширину прорези.

Примечание. Обмотка статора двухслойная секционная.

Обмоточные данные асинхронных двигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором, залитым алюминием, серии „Урал"

Тип Р	P_2, квт	$\frac{n_c}{n}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	Статор: $\frac{D_a}{D_i}$, мм	l_1, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размер паза, мм	y_1	$n_{э1}$	a_1	Соединение катушек	d/d', мм	Δ_1, а/мм²	A, а/см	G_{Cu}, кг	Ротор: z_2	G_{Al_2}, кг
51-4	8,0	$\frac{1\,500}{1\,460}$	127/220 220/380 500 Δ	48,5/28 28/16,2 12,3	$\frac{300}{190}$	95	36	0,45	7 000	8,9* (23,5+1,5) 3,5	1—9	28 48 32	2 2 1	Последовательное	1,62 1,805 1,25 1,46 1,5 1,71	6,8 6,7 7,0	235 235 235	6,0 6,2 6,6	26	2,2
52-4	10,0	$\frac{1\,500}{1\,460}$	127/220 220/380 500 Δ	61/35 35/20,2 15,3	$\frac{300}{190}$	110	36	0,45	7 000	8,9 (23,5+1,5) 3,5	1—9	24 42 56	2 1 2	То же 2 Последовательное	1,74 1,96 1,35 1,56 1,16 1,37	7,4 7,1 7,3	255 255 255	6,4 6,6 6,5	26	2,3
53-4	12,0	$\frac{1\,500}{1\,460}$	127/220 220/380 500 Δ	71/41 41/23,6 17,9	$\frac{300}{190}$	135	36	0,45	6 600	8,9 (23,5+1,5) 3,5	1—8	20 36 44	2 2 2	То же	1,95/2,17 1,5 1,71 1,3 1,51	6,9 6,7 6,7	255 255 255	6,8 7,0 6,9	26	2,6
51-6	4,5	$\frac{1\,000}{975}$	127/220 220/380 500 Δ	28,6/16,5 16,5/9,5 7,2	$\frac{300}{205}$	95	54	0,4	6 300	9/6 (26+2,5) 3,5	1—9	30 50 33	1 2 1	2 Последовательное	1,56 1,775 1,2 1,41 1,5 1,71	4,3 4,2 4,1	200 200 200	7,2 7,3 7,9	44	2,5
52-6	6,0	$\frac{1\,000}{975}$	127/220 220/380 500 Δ	37,5/21,6 21,6/12,5 9,5	$\frac{300}{205}$	110	54	0,4	6 400	9/6 (26+2,5) 3,5	1—9	24 42 52	2 1 2	То же 2 Последовательное	1,74 1,9[illegible] 1,35 1,56 1,16 1,37	4,5 4,4 4,5	220 220 220	8,0 8,6 7,9	44	2,7
53-6	8,0	$\frac{1\,000}{975}$	127/220 220/380 500 Δ	48,5/28 28/16,2 12,3	$\frac{300}{205}$	135	54	0,4	6 500	9/6 (26+2,5) 3,5	1—9	40 31 44	2 1 2	2 2 Последовательное	1,35/1,56 1,5 1,71 1,3 1,51	4,9 4,6 4,6	230 230 230	9,0 9,3 9,1	44	3,0

* Числитель дроби означает меньшую ширину паза, знаменатель — большую ширину паза, в скобках первая слева цифра — высоту паза до усика, вторая — высоту усика, за скобкой цифра — ширину прорези.

Примечания: 1. Обмотка ротора короткозамкнутая. 2. Обмотка статора двухслойная секционная.

Таблица механических и обмоточных данных по электродвигателям серии ТАГ

Тип	P_2, *квт*	U Δ/Y, *в*	I, *а*	D_a/D_i, *мм*	Длина сердечника, *мм*	δ, *мм*	Статор			
							z_1	Размеры паза, *мм*	Число проводов в пазу	Размеры проводника, *мм*
ТАГ-12/4	0,52	220/380	1,37	165—100	65	0,25	24	7,8/9,6 (16,4+0,6) 3,2	42	⌀ 0,64
ТАГ-21/4	1,0	220/380	2,43	195—125	80	0,3	24	9,7/11,2 (18,8+0,6) 3	86	⌀ 0,8
ТАГ-22/4	1,6	220/380	3,47	195—125	120	0,3	24	9,7/11,2 (18,8+0,6) 3	68	⌀ 1,0
ТАГ-31/4	2,7	220/380	5,8	245—145	100	0,35	36	7/9,8 (25,2+0,6) 3	19+19=38	⌀ 1,4
ТАГ-32/4	4,2	220/380	8,45	245—145	140	0,35	36	7/9,8 (25,2+0,6) 3	13+14=27	⌀ 1,74
ТАГ-41/4	6,3	220/380	12,5	295—169	130	0,4	36	8,1/11,9 (27,9+0,6) 3	2×(11+12) =46	⌀ 2×1,5
ТАГ-31/6	2,0	220/380	4,7	245—169	100	0,35	36	6,9/10,4 (18,9+0,6) 3	2	⌀ 1,16
ТАГ-32/6	2,75	220/380	6,0	245—169	140	0,35	36	6,9/10,4 (18,9+0,6) 3	33	⌀ 1,35

Продолжение

Тип	Статор						Ротор		
	Тип обмотки	y_1	a	$\frac{l_m}{2}$, *мм*	r, *ом* при 15° С	G_{Cu_1}, *кг*	z_2	Обмотка	D_{i2}, *мм*
ТАГ-12/4	Однослойная	1—6	1	182	8,95	1,4/1,47	30	Алюминий, заливка	30
ТАГ-21/4	То же	„	1	∽210	5,07	1,94/2,03	30	То же	36
ТАГ-22/4	„ „	„	1	∽250	2,6	2,44/2,56	30	„ „	36
ТАГ-31/4	Двухслойная	1—8	1	265	1,3	5,0/5,26	30	„ „	48
ТАГ-32/4	То же	„	1	310	0,696	6,43/6,76	30	„ „	48
ТАГ-41/4	„ „	1—8	1	310	0,425	8/8,4	30	„ „	48
ТАГ-31/6	Однослойная	1—6	1	240	2,09	3,6/3,76	44	„ „	48
ТАГ-32/6	То же	„	1	280	1,36	4,23/4,45	44	„ „	48

Примечание. Марка провода до ⊘ 1,25 *мм* — ПЭБО, свыше ⊘ 1,25 *мм* — ПБД.
* пояснение см. стр. 181.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ

3-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

а) Определения и характеристики обмоток

К обмоткам асинхронных электродвигателей относятся обмотки статора и ротора, состоящие из отдельных катушек (секций), размещаемых в пазах статора и фазного ротора. Катушки (секции) могут состоят из одного или нескольких витков, соединенных между собой.

Эффективный проводник может быть изготовлен из одного, двух и больше числа элементарных проводников (параллельные проводники).

Обмотка с одним витком в катушке (секции) называется стержневой и обычно применяется в роторных обмотках.

Статорные обмотки бывают двух видов: однослойные, в том числе и цепная, когда в пазу помещается только одна сторона катушки (секции), и двухслойные, когда в пазу помещаются две катушечные (секционные) стороны.

Схемы обмоток характеризуются следующими основными данными: числом пазов статора и ротора (фазного) z; числом фаз m; числом полюсов $2p$; числом параллельных ветвей a; числом витков на фазу $w_ф$; шириной катушки (секции) τ; шагом обмотки y; числом пазов на полюс и фазу q; сопряжением фаз «звезда», «треугольник».

При трехфазной обмотке пазы, приходящиеся на один полюс, делятся на три части соответственно числу фаз, образуя три полюсно-фазные группы на полюс.

Катушки в пазах, принадлежащие одной фазе и расположенные под одним полюсом, образуют катушечную группу, называемую полюсно-фазной группой.

Две следующие одна за другой группы одной и той же фазы смещены на две полюсно-фазные группы.

В двухслойных обмотках полное число полюсно-фазных групп определяется величиной $2p$, при однослойной обмотке — величиной p.

Шаг обмотки y определяется расстоянием между двумя сторонами катушки (секции), измеряемым в долях полюсного деления τ окружности статора.

Диаметральный шаг обмотки y равен полюсному делению:

$$y = \tau = \frac{\pi D_i}{2p}, \qquad (3\text{-}1)$$

где D_i — диаметр расточки статора, *см*.

Если шаг обмотки меньше полюсного деления, то он называется укороченным или неполным шагом. Начала фаз не могут быть выбраны произвольно. Так как q (число пазов на полюс и фазу) обычно занимает $^1/_3$ полюсного деления τ, начала фаз должны быть

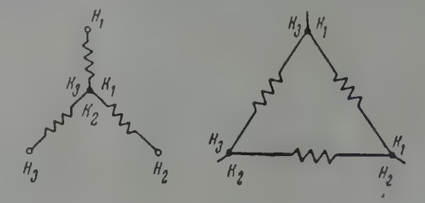


Рис. 3-1.

сдвинуты на две полюсно-фазные группы, или на 60°.

Шесть выведенных концов обмотки (по два от каждой фазы) дают возможность соединять обмотки фаз в звезду или треугольник.

При соединении в звезду все начала фаз соединены, а концы выведены на внешнюю цепь.

Соединение фаз в треугольник можно получить, если конец первой фазы будет соединен с началом второй, конец второй — с началом третьей, а конец третьей — с началом первой фазы (рис. 3-1).

б) Назначение обмоток

Наибольшее применение в промышленности получили асинхронные электродвигатели мощностью 1—100 *квт*.

Как правило, такие электродвигатели выполняются с роторной обмоткой в виде беличьей клетки, а в отдельных случаях, в зависимости от требований эксплуатации, и с фазным ротором, выполняемым как с подъемом, так и без подъема щеток.

Назначение обмотки статора заключается в образовании вращающегося магнитного поля, которое, перемещаясь относительно обмотки ротора, индуктирует в ней э. д. с. и создает ток.

Ток обмотки ротора, взаимодействуя с магнитным потоком статора, создает момент вращения на валу электродвигателя.

Если магнитный поток, создаваемый статорной обмоткой, будет распределяться по расточке статора синусоидально, то асинхронный электродвигатель будет работать спокойно.

В зависимости от скорости вращения ротора при запуске электродвигателя момент вращения M изобразится кривой *1* (рис. 3-2), где n — рабочее число оборотов в минуту.

Если обмотка статора создает несинусоидальный магнитный поток, кривая пускового момента вращения исказится и будет примерно изображаться кривой *2* (см. рис. 3-2)

При таком явлении короткозамкнутый электродвигатель может совсем не развернуться, если момент сопротивления на валу M_1 будет больше момента вращения электро-

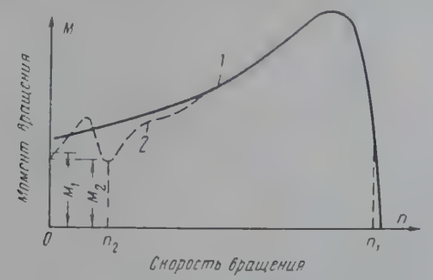


Рис. 3-2. Кривая момента вращения асинхронного электродвигателя.

двигателем при пуске, или же застрять на скорости вращения n_2, если момент сопротивления будет равен M_2.

Помимо этого, при несинусоидальном распределении магнитного потока потери сильно возрастают, коэффициент полезного действия уменьшается, а перегрев увеличивается.

Поэтому при модернизации электродвигателей или составлении новых схем обмоток при ремонтах следует стремиться число катушек в катушечных группах увеличить, благодаря чему кривая вращающегося магнитного поля приблизится к синусоиде.

в) Требования к обмоткам

К обмоткам электродвигателей предъявляется ряд требований общего характера.

Напряжения фаз должны быть одинаковыми по величине и сдвинуты по фазе на 120 и 240 *эл. град.*, активное и индуктивное сопротивления фаз должны быть одинаковыми и определенной величины для обеспечения необходимых пускового и максимального моментов вращения и т. п.

Схема обмотки должна быть составлена так, чтобы обмотка была удобна в изготовлении необходимого числа параллельных ветвей.

Обмотка должна иметь надежную витковую и корпусную изоляцию, а также достаточную механическую прочность, дабы выдержать механические напряжения при внезапных коротких замыканиях и во время пуска.

Кроме того, при номинальной нагрузке обмотка не должна перегреваться выше допустимых пределов, а лобовые части должны иметь форму, обеспечивающую их хорошую вентиляцию.

г) Характер выполнения обмоток

По характеру выполнения обмотки распределяются на всыпные, мягкие катушечные и стержневые.

По способу расположения в пазах — на однослойные и двухслойные.

Электродвижущая сила катушечной группы не зависит от формы выполнения лобовых частей катушек, так как она индуктируется только в активной части обмотки, т. е. в части катушек, расположенной в пазах, а лобовые части служат только для соединения активных частей обмоток.

При образовании катушек их стороны могут быть расположены в разных фазных зонах, при этом необходимо, чтобы сумма магнитных индукций в местах расположения сторон катушек была равна сумме индукций при расположении сторон на одном фазном участке.

3-2. ОБМОТКИ СТАТОРОВ

а) Понятие о встречном и согласном соединении витков. Условно началом витка можно назвать тот из двух свободных концов проводников, образующих этот виток, который лежит слева, а концом — лежащий справа.

Встречным соединением витков называется соединение двух одноименных концов (т. е. начала одного витка с началом другого или конца одного витка с концом другого), а *согласным* — соединение двух разноименных концов.

б) Понятие об электрических градусах. Если электродвигатель имеет z пазов, то геометрический угол между смежными пазами составляет $\alpha_z = \frac{360°}{z}$. При одной паре полюсов ($p=1$) векторы э. д. с. проводников, лежащих в смежных пазах, сдвинуты на векторной диаграмме на тот же угол $\alpha_z = \frac{360°}{z}$. В многополюсной машине (когда $p>1$) вектора э. д. с. проводников сдвинуты под углом $\alpha = \frac{360°}{z} \cdot p = \alpha_z p$. Таким образом, каждому градусу по расточке электродвигателя соответствует p *эл. град* в векторной диаграмме

Пример. 1. Пусть статор четырехполюсного асинхронного электродвигателя имеет 48 пазов. Тогда геометрический сдвиг в пространстве между соседними пазами $\alpha_z = \frac{360°}{48} = 7{,}5°$, а сдвиг между векторами э. д. с. проводников в соседних пазах

$$\alpha = \alpha_z \cdot p = 7{,}5 \cdot 2 = 15 \text{ эл/град.}$$

2. В шестиполюсном двигателе ($p=3$) с 72 пазами геометрический сдвиг между соседними пазами составляет $\alpha_z = \frac{360°}{72} = 5°$, а угол между векторами э. д. с. проводников в этих пазах равен

$$\alpha = \alpha_z \cdot p = 5 \cdot 3 = 15 \text{ эл. град.}$$

в) Лобовые (неактивные) части обмотки, лежащие вне пазов, служат для соединения отдельных проводников, витков или катушек и являются неактивными, так как не участвуют в создании э. д. с. электродвигателя.

г) Число пазов на полюс и фазу — характерная величина для всех обмоток машин переменного тока, она имеет большое значение при составлении схем. Эту величину обычно обозначают буквой q и определяют по формуле

$$q = \frac{z}{m \cdot 2p}, \qquad (3\text{-}2)$$

где z — полное число пазов статора (или ротора);

m — число фаз;

p — число пар полюсов ($2p$ — число полюсов).

Число пазов на полюс и фазу q может быть как целым, так и дробным.

Примечание. Дробную величину всегда следует показывать правильной дробью.

Примеры. 1. В четырехполюсной трехфазной машине с 48 пазами:

$$q = \frac{z}{m \cdot 2p} = \frac{48}{3 \cdot 4} = 4.$$

2. В восьмиполюсной трехфазной машине с 60 пазами

$$q = \frac{z}{m \cdot 2p} = \frac{60}{m \cdot 2p} = \frac{60}{3 \cdot 8} = 2\frac{1}{2}.$$

д) Классификация обмоток статоров асинхронных электродвигателей. В зависимости от исполнения обмоток различают: 1) обмотки однослойные катушечные, концентрические; 2) обмотки однослойные шаблонные, цепные; 3) обмотки двухслойные с диаметральным шагом и с укороченным шагом.

По числу фаз различают трехфазные и однофазные обмотки[1].

3-3. ОДНОСЛОЙНЫЕ ОБМОТКИ

а) Катушечная концентрическая обмотка. Особенность этой обмотки заключается в том, что на каждой паре полюсов она состоит из отдельных катушек различных формы и длины, соединенных в катушечные группы (рис. 3-3). Каждая катушка образуется двумя сторонами, лежащими в пазах

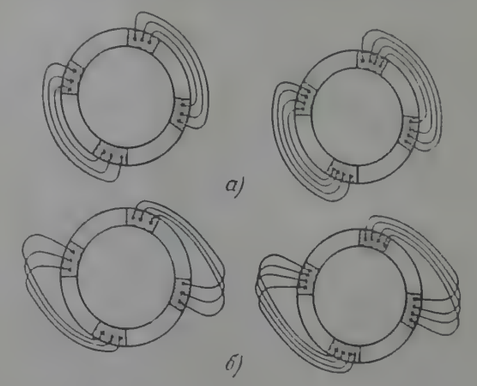


Рис. 3-3. Выполнение лобовых частей катушек однослойных обмоток.
а — концентрические обмотки; *б* — симметричные шаблонные обмотки.

статора, где расстояние между ними есть шаг обмотки, который обычно обозначают буквой y и выражают числом пазов. В катушечной концентрической обмотке различные катушки, относящиеся к одной фазе и расположенные на одной паре полюсов, соединяются последовательно и образуют одну катушечную группу. Эти катушки имеют разные шаги обмотки (рис. 3-3,*а*). Например, в четырехполюсной трехфазной машине с 24 пазами число пазов на полюс и фазу составляет:

$$q = \frac{z}{2p \cdot m} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2,$$

что определяет и число катушек в катушечной группе. Отдельные катушки этой группы имеют шаги (рис. 3-4): $y_1 = 7$; $y_2 = 5$. Средний шаг $y = 6$ и равен полюсному делению

$$\tau = \frac{z}{2p} = 6.$$

Катушечные концентрические обмотки имеют на каждую пару полюсов и фазу по од-

[1] На двухфазных обмотках здесь не останавливаемся, так как в Советском Союзе они почти не применяются.

ной катушечной группе, и в общем случае число катушечных групп такой обмотки составит $3p$.

Если число пар полюсов p выражается четным числом, то число катушечных групп обмотки также будет иметь четное число и лобовые части одной половины катушечных групп можно расположить в одной плоскости, а второй половины — в другой плоскости.

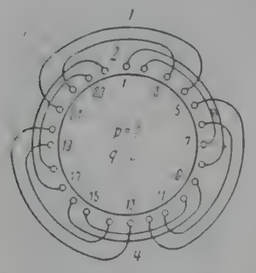


Рис. 3-4. Двухплоскостная обмотка лобовой части.

Если число пар полюсов p обмотки нечетное, то число катушечных групп будет также нечетным и в каждом ряду не может быть по одинаковому числу катушечных групп.

В этом случае при двухрядном расположении лобовых частей (рис. 3-5) одна катушечная группа будет иметь сложную форму вследствие перехода из одного ряда в другой.

Так как концентрические обмотки имеют различную форму и длину, при образовании параллельных ветвей необходимо, чтобы не

Рис. 3-5. Лобовые части катушек концентрических обмоток, $q=2$.

только э. д. с. каждой параллельной ветви были равны, но чтобы их активные и индуктивные сопротивления также были равны.

Поэтому в двухплоскостной обмотке необходимо, чтоб в каждую параллельную ветвь вошло по одинаковому числу катушечных групп из обеих плоскостей.

Если число параллельных ветвей фазы равно a, то число катушечных групп в параллельной ветви должно быть по $\frac{p}{2a}$ из каждой плоскости и равно целому числу. Например при $a=2$ это возможно выполнить только при $p=4$, 8, 12 и т. д., а в остальных случаях сопротивления параллельных ветвей будут неодинаковыми.

При двухплоскостной обмотке иногда образование параллельных ветвей затрудняется вследствие того, что катушечные группы одной фазы имеют разные сопротивления из-за различной формы лобовых частей. Для уменьшения этой несимметрии можно составлять параллельные ветви не из целых катушечных групп, а из их половин (что возможно только при четном значении q). Например, при $p=2$ и $q=2$, где каждая параллельная ветвь будет включать половину одной катушечной группы с большим сопротивлением и половину второй группы с меньшим сопротивлением.

В трехплоскостных обмотках катушечные группы фазы лежат в одной плоскости, поэтому образование параллельных ветвей в этих обмотках затруднений не встречает в смысле неравенства сопротивлений ветвей.

Сопротивления фаз в этих обмотках получаются неодинаковыми, так как форма и размеры катушечных групп различны. Во избежание этого можно длинную катушку с одной стороны статора сделать короткой, а с другой стороны длинной, но это очень усложняет производство.

б) Однослойные шаблонные обмотки. Однослойные шаблонные обмотки симметричные, обычно составляются из одинаковых по форме катушек и разделяются на следующие типы: 1) простая шаблонная обмотка; 2) шаблонная обмотка в развалку; 3) цепная обмотка.

По конструктивным соображениям катушки шаблонной обмотки выполняются в форме трапеции (одна сторона катушки короче другой), что облегчает укладку лобовых частей.

Схема простой шаблонной обмотки приведена на рис. 3-6.

Эта обмотка отличается от однослойной концентрической только формой катушек, об-

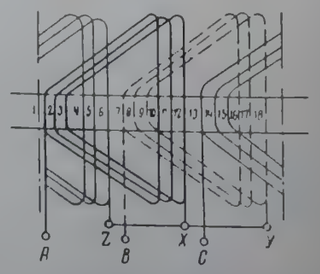


Рис. 3-6. Схема простой шаблонной обмотки.

разующих катушечную группу; электрически они совершенно одинаковы и имеют $3p$ катушечных групп.

Однослойная шаблонная обмотка «в развалку» схематически для случая $2p=2$ и $z=24$ представлена на рис. 3-7, а расположение ее лобовых частей на рис. 3-8. Эта обмотка имеет $6p$ катушечных групп.

в) Однослойная цепная обмотка представляет собой промежуточную форму между однослойной катушечной и двухслойной обмотками.

Цепная обмотка выполняется секциями одинаковой величины и формы, где каждая сторона секции полностью занимает паз, благодаря чему не требуется дополнительных межкатушечных прокладок и повышается степень заполнения паза обмоткой при меньшем

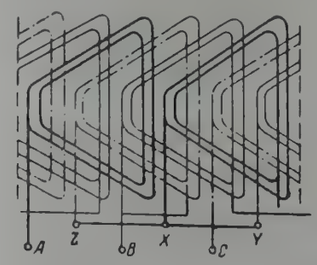


Рис. 3-7. Схема шаблонной обмотки „в развалку", $2p=2$, $m=3$, $q=4$, $z=24$.

количестве секций, чем у двухслойной обмотки.

Число секций цепной обмотки, равно половине числа пазов статора ($^1/_2z$).

Шаг цепной обмотки при нечетном q должен быть обязательно нечетным. Если левые стороны всех секций лежат в нечетных пазах, то для правых сторон остаются только четные пазы, и наоборот.

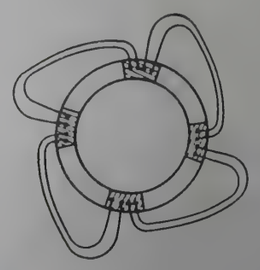


Рис. 3-8. Схема одной фазы шаблонной обмотки „в развалку".

Число параллельных ветвей при нечетном числе пазов на полюс и фазу может быть равным числу пар полюсов p, так как на каждой паре полюсных делений повторяется одно и то же расположение секций всех фаз.

При четном числе пазов на полюс и фазу шаг обмотки не может быть диаметральным, так как он не должен быть четным.

Число параллельных ветвей при числе пазов на полюс и фазу, равном четному числу, при надобности может быть выполнено равным числу полюсов ($2p$).

При дробном числе пазов на полюс и фазу возможное число параллельных ветвей равно частному от деления числа пар полюсов на знаменатель дробного числа пазов на полюс и фазу.

Если предположить, что число пазов на полюс и фазу равно $2^1/_2$, а $2p=8$, то число параллельных ветвей может быть:

$$a=\frac{p}{2}=\frac{4}{2}=2.$$

В цепных обмотках все возможные дробные числа пазов на полюс и фазу технически осуществимы, так как все секции обмотки имеют одинаковые размеры и форму.

Цепные обмотки могут быть выполнены с укороченным (или удлиненным) шагом, при этом шаг должен всегда быть нечетным.

3-4. ДВУХСЛОЙНЫЕ ОБМОТКИ

В настоящее время в основном применяются двухслойные обмотки. Главные преимущества этих обмоток следующие:

1) возможность выбора наилучшего шага обмотки, что ведет к улучшению формы кривой э. д. с. и поля;

2) меньший расход меди и изоляционных материалов, так как при их изготовлении можно применить наибольшую механизацию;

3) сравнительно легкий выбор числа витков фазы, при котором сохраняется благоприятное соотношение между током и индукцией в воздушном зазоре (I и B_δ);

4) большая возможность выбора дробного числа пазов на полюс и фазу.

Двухслойные обмотки подразделяются на петлевые и волновые, причем как те, так и другие могут быть выполнены с целым или дробным числом пазов на полюс и фазу. Обычно катушки петлевой обмотки имеют несколько последовательно соединенных витков. Полукатушки волновой обмотки могут состоять из нескольких проводников, соединенных параллельно, и тогда они называются двухслойными стержневыми.

Элементом двухслойной стержневой обмотки является полукатушка или стержень, поэтому и число стержней обмотки равно удвоенному числу пазов. Число катушек в двухслойной катушечной обмотке равно числу пазов z, а при двухслойной стержневой обмотке — $2z$.

а) Двухслойные обмотки с диаметральным шагом ($y=\tau$)

Двухслойные обмотки состоят из катушек, у которых одна сторона находится вверху одного паза, а другая сторона — внизу другого паза, расположенного на расстоянии шага обмотки. В двухслойных обмотках катушки группируются в катушечные группы так же, как и в простых катушечных однослойных обмотках, причем при одинаковом числе пазов

и полюсов в обоих случаях двухслойная обмотка будет иметь в два раза больше катушечных групп, чем однослойная, т. е. число групп будет равно числу полюсов $2p$.

В однослойных обмотках общее число катушек равно половине числа пазов, а в двухслойных общее число катушек равно числу пазов. На рис. 3-9 приведена схема катушечной группы двухслойной обмотки, состоящей из трех не соединенных катушек; верхние стороны катушек показаны сплошной линией, а нижние — пунктирной. На рис. 3-10 показана схема катушечной группы с соединенными катушками.

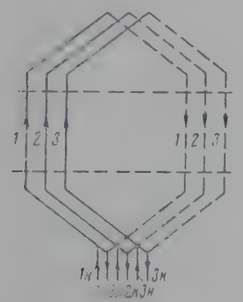


Рис. 3-9. Несоединенная катушечная группа.

Вторые катушечные группы для лучшего использования магнитного потока располагают по пазам так, чтобы катушки катушечных групп одной и той же фазы лежали в одних и тех же пазах, когда э. д. с. катушечных групп фазы будут совпадать по фазе. Стороны катушек вторых катушечных групп располагаются в тех же пазах, что и стороны катушек первых катушечных групп.

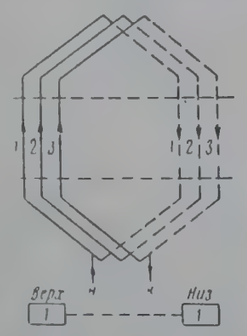


Рис. 3-10. Соединенная катушечная группа.

б) Двухслойные петлевые обмотки с укороченным шагом

Схема обмотки с укороченным шагом отличается от схемы с диаметральным шагом тем, что внутренний слой обмотки на некоторый угол повертывается относительно внешнего слоя обмотки, при этом угол поворота зависит от величины укороченного шага. Благодаря применению укороченного шага катушки с надлежаще выбранным коэффициентом укорочения кривая напряжения при несинусоидальном распределении магнитного потока получается близкой к синусоидальной.

К другим преимуществам двухслойных обмоток с укороченным шагом можно отнести и уменьшение индуктивного сопротивления обмотки (э. д. с. самоиндукции, деленная на величину тока).

Если взять две катушки с одинаковым числом витков, из которых одна с диаметральным шагом, а другая с укороченным, при одном и том же токе индуктивное сопротивление катушки с укороченным шагом будет меньше, так как длина витка в этой обмотке короче, т. е. магнитный поток, связанный с лобовыми частями, будет меньше. Уменьшение индуктивного сопротивления будет в той части катушки, которая лежит в пазу.

Для улучшения вида кривой распределения намагничивающих сил (н. с.), а этим и магнитного поля следует укорочение шага катушки выбирать таким, чтобы наиболее сильно выраженные гармоники н. с. взаимно уничтожились. Наиболее желательной ширина укороченного шага катушки является $0{,}8\tau$.

Наиболее желательная ширина катушки (выраженная числом пазов) при различных значениях q и укорочения для числа полюсов больше двух ($2p>2$) дана в табл. 3-1.

Таблица 3-1

q	1	2	3	4	5	6	7
τ	3	6	9	12	15	18	21
b (ширина укороченного шага)	2	5	7	10	12	15	17
$\beta=\frac{b}{\tau}$ (укорочение)	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{10}{12}$	$\frac{12}{15}$	$\frac{15}{18}$	$\frac{17}{21}$

Для практического пользования могут быть рекомендованы следующие шаги обмотки.

Таблица 3-2

$q=2$ — из 1-го в 6-й паз
$q=3$ — „ 1-го „ 8-й „
$q=4$ — „ 1-го „ 11-й „
$q=5$ — „ 1-го „ 13-й „
$q=6$ — „ 1-го „ 16-й „
$q=7$ — „ 1-го „ 18-й „

Таблица 3-3

$q=2$	$\beta=\frac{b}{\tau}=\frac{5}{6}$	$f=0{,}966$
$q=3$	$\beta=\frac{b}{\tau}=\frac{7}{9}$	$f=0{,}945$
$q=4$	$\beta=\frac{b}{\tau}=\frac{10}{12}=\frac{5}{6}$	$f=0{,}966$
$q=5$	$\beta=\frac{b}{\tau}=\frac{12}{15}=\frac{4}{5}$	$f=0{,}951$
$q=6$	$\beta=\frac{b}{\tau}=\frac{15}{18}=\frac{5}{6}$	$f=0{,}966$
$q=7$	$\beta=\frac{b}{\tau}=\frac{17}{21}$	$f=0{,}957$

При числе пазов $2p=2$ рекомендуется отношение укороченного шага к полюсному делению b/τ брать равным $^2/_3$.

Обмоточный коэффициент укорочения f есть отношение э. д. с. катушки при укороченном шаге к э. д. с. катушки с тем же числом витков при диаметральном шаге, равном $\sin\alpha$, который по величине всегда меньше единицы и зависит от величины укорочения шага.

Величина обмоточного коэффициента укорочения для определенных случаев приведена в табл. 3-3.

3-5. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ОБМОТОК

а) Основные требования

1. В трехфазных обмотках переменного тока начала фаз (а следовательно, и концы) должны быть сдвинуты на 120° *эл. град.*

2. Все три фазы обмотки должны быть симметричны, их э. д. с. или н. с. равны по величине и сдвинуты на 120°, а формы кривых э. д. с. и н. с. (по фазам) идентичны.

3. Каждая из трех фаз должна включать одинаковое число одинаково соединенных катушечных групп и катушек, а числа активных витков по фазам должны быть равны.

4. При параллельном или смешанном соединениях в каждой из параллельных ветвей число катушек и число витков должны быть одинаковыми.

б) Составление схем концентрических обмоток с последовательным соединением всех катушечных групп

Если число пазов статора $z=36$, а число полюсов $2p=4$, число пазов на полюс и фазу составит:

$$q=\frac{z}{m\cdot 2p}=\frac{36}{3\cdot 4}=3.$$

На протяжении полюсного деления τ расположены $3q=9$ пазов. Таким образом, каждому пазу соответствует $\frac{180^\circ}{3q}=\frac{180}{9}=20$ *эл. град*, а вся обмотка состоит из $\frac{z}{p}=\frac{36}{2}=18$ катушек, соединенных в $3p=6$ катушечных групп. Для того чтобы получить трехфазную обмотку, необходимо сгруппировать эти катушечные группы по две группы, соединенные последовательно.

Расположение всех катушечных групп приведено в табл. 3-4.

Для того чтобы удовлетворить вышеприведенные требования, составляют первую фазу из двух катушечных групп № 1 и 4, для чего соединяют их последовательно, т. е. конец первой катушечной группы с началом второй. Соответственно вторую фазу составим из катушечных групп № 3 и 6, а третью из групп № 2 и 5. При этом начала фаз, расположенные

Таблица 3-4

Номер катушечной группы	Номер занимаемого паза			
1	1, 2, 3	10, 11, 12		
2	4, 5, 6	13, 14, 15		
3	7, 8, 9	16, 17, 18		
4			19, 20, 21	28, 29, 30
5			22, 23, 24	31, 32, 33
6			25, 26, 27	34, 35, 36

в пазах 1, 7, 13, будут сдвинуты на 6 пазов или на $6\cdot 20=120$ *эл. град.* Такой же сдвиг будут иметь и концы фаз, расположенные в пазах 30, 36 и 6.

При необходимости выполнить данную обмотку с двумя параллельными ветвями в каждую ветвь войдет по одной катушечной группе. В каждую фазу по-прежнему войдут те же катушечные группы (см. табл. 3-4). При этом начала первой и четвертой катушечных групп соединяют вместе, так же как и концы этих групп. Аналогично соединяют катушечные группы двух других фаз. Начало первой фазы будет в пазах 1 и 19, начало второй — в пазах 7 и 25, а начало третьей — в пазах 13 и 31.

в) Цепные обмотки

Порядок составления схемы с последовательным соединением всех катушечных групп для цепной обмотки следующий.

Число пазов статора $z=48$ и число полюсов $2p=4$; $q=\frac{z}{m\cdot 2p}=\frac{48}{3\cdot 4}=4$. На протяжении полюсного деления τ расположены $3q=12$ пазов. Каждому пазу соответствуют $\frac{180}{12}=15$ *эл. град.*

Так как обмотка однослойная, то она состоит из 24 катушек. В отличие от катушечной концентрической обмотки вся обмотка имеет не $3p$ $(m\cdot p)$, а $6p$ катушечных групп $(m\cdot 2p)$. В данном случае число групп равно двенадцати $(6p=6\cdot 2=12)$ — по 2 катушки в группе и по $\frac{12}{3}=4$ группы в фазе.

Цепную обмотку можно выполнить с укороченным шагом, который всегда выражается нечетным числом. Если величину шага вместо

12 принять равным 9, то это будет соответствовать укорочению шага, равному $\frac{9}{12}=0{,}75$.

Обмотка составляется из четырех последовательно соединенных катушечных групп в каждой фазе. Расположение всех катушечных групп приведено в табл. 3-5.

Таблица 3-5

Номер катушечной группы	Номер занимаемого паза
1	1, 2—10, 12
2	3, 4—11, 16
3	9, 11—18, 20
4	13, 15—22, 24
5	17, 19—26, 28
6	21, 23—30, 32
7	25, 27—34, 36
8	29, 31—38, 40
9	33, 35—42, 44
10	37, 39—46, 48
11	41, 43—2, 4
12	45, 47—6, 8

Первую фазу составляют из четырех катушечных групп №№ 1, 4, 7 и 10, соединив их последовательно, т. е. конец первой катушечной группы соединяют с концом 4-й группы. Начало 4-й катушечной группы — с началом 7-й и конец 7-й—с концом 10-й. Аналогично соединяют катушечные группы двух других фаз, а именно: катушечные группы №№ 3 и 6, 9 и 12 составят вторую фазу, а №№ 5, 8, 11 и 2 составят третью фазу. Начала фаз будут расположены в пазах №№ 1, 9 и 17, а концы соответственно в пазах №№ 48, 8 и 16. Составленная таким образом трехфазная обмотка удовлетворяет всем основным требованиям.

г) Расположение катушечных групп двухслойной обмотки

Такая обмотка с $2p=4$, $z=36$, $q=3$, $y=\tau=3$, числом катушечных групп $n_к=m\cdot 2p=12$ приведена в табл. 3-6.

Таблица 3-6

Номер катушечной группы	Номер занимаемого паза	К какой фазе относится
1	1, 2, 3—10, 11, 12	1
2	4, 5, 6—13, 14, 15	3
3	7, 8, 9—16, 17, 18	2
4	10, 11, 12—19, 20, 21	1
5	13, 14, 15—22, 23, 24	3
6	16, 17, 18—25, 26, 27	2
7	19, 20, 21—28, 29, 30	1
8	22, 23, 24—31, 32, 33	3
9	25, 26, 27—34, 35, 36	2
10	28, 29, 30—1, 2, 3	1
11	31, 32, 33—4, 5, 6	3
12	34, 35, 36—7, 8, 9	2

Первая фаза составляется из катушечных групп №№ 1, 4, 7 и 10, вторая фаза — из катушечных групп №№ 3, 6, 9, 12 и третья фаза из катушечных групп №№ 2, 5, 8, 11

Начала фаз располагаются в пазу 1 — первая фаза, в пазу 7 — вторая фаза и в пазу 13 — третья фаза. Концы фаз соответственно располагаются в пазах: 28 — первой фазы, 34 — второй фазы и 4 — третьей фазы.

Фазные зоны в обоих слоях обмотки точно совпадают, что характерно для двухслойных обмоток с диаметральным шагом.

Расположение катушечных групп двухслойной обмотки, у которой $2p=4$, $z=35$, $q=3$, а шаг обмотки — укороченный $y=^7/_9\tau=^7/_9\cdot 9=7$ (т. е. 1—8), $n_к=2p\cdot m=12$, приведено в табл. 3-7.

Таблица 3-7

Номер катушечной группы	Номер занимаемого паза	К какой фазе относится
1	1, 2, 3—8, 9, 10	I
2	4, 5, 6—11, 12, 13	III
3	7, 8, 9—14, 15, 16	II
4	10, 11, 12—17, 18, 19	I
5	13, 14, 15—20, 21, 22	III
6	16, 17, 18—23, 24, 25	II
7	19, 20, 21—26, 27, 28	I
8	22, 23, 24—29, 30, 31	III
9	25, 26, 27—32, 33, 34	II
10	28, 29, 30—35, 36, 1	I
11	31, 32, 33—2, 3, 4	III
12	34, 35, 36—5, 6, 7	II

Начала и концы фаз располагаются в тех же пазах, что и при диаметральном шаге (см. табл. 3-6).

Здесь фазные зоны в обоих слоях сдвинуты друг по отношению к другу на величину укорочения шага, т. е. на два паза (9-7).

Таблица 3-8

Двухслойные обмотки с укороченным шагом

Число полюсов—2	$z=18$	$y=7$
	$z=24$	$y=10$
	$z=36$	$y=15$
Число полюсов — 4	$z=24$	$y=5$
	$z=36$	$y=7$
	$z=48$	$y=10$
	$z=60$	$y=12$
Число полюсов — 6	$z=36$	$y=5$
	$z=54$	$y=7$
	$z=72$	$y=10$
Число полюсов — 8	$z=90$	$y=12$
	$z=48$	$y=5$
	$z=72$	$y=7$
Число полюсов — 10	$z=96$	$y=10$
	$z=60$	$y=5$
	$z=90$	$y=7$
	$z=120$	$y=10$
Число полюсов — 12	$z=72$	$y=5$
	$z=108$	$y=7$

Наиболее распространенные схемы обмоток статоров электродвигателей мощностью до 100 *квт* с укороченным шагом приведены в табл. 3-8.

д) Образование катушечных групп

Образование катушечных групп можно начинать с любой катушки. При этом в каждую катушечную группу последовательно включают q соседних катушек. После соединения всех катушек в катушечные группы число верхних и нижних концов уменьшится в q раз, т. е. будет равно z/q свободных верхних концов и столько же свободных нижних концов, которые будут чередоваться.

Число катушечных групп обмотки всех фаз равно $6p$ $(2pm)$, а одной фазы $2p$.

Так как основным элементом обмотки с точки зрения образования ее схемы является катушечная группа, а в фазу должны включаться катушечные группы, которые находятся друг от друга на расстоянии полюсного шага τ, или на 180 *эл. град*, и фазная зона составляет 60 *эл. град*, то в каждую зону войдут катушечные группы, расположенные по окружности статора через две группы.

е) Принцип составления схемы двухслойных обмоток

Данные обмотки: $2p=2$; число пазов $z=18$; число пазов на полюс и фазу $q=\frac{z}{2pm}=\frac{18}{2\cdot 3}=3$. Шаг вместо диаметрального $(y=\tau=\frac{18}{2}=9)$ принят укороченный $(y=7)$, т. е.

$$\beta=\frac{b}{\tau}=\frac{7}{9}, \qquad (3\text{-}3)$$

где b — ширина укороченного шага.

Так как число пазов на полюс и фазу $q=3$, то на каждую фазную зону статора приходится по три паза. Верхние стороны катушки фазы I будут занимать пазы 1, 2, 3, а нижние — в соответствии с шагом 8, 9 и 10.

Пропустив две фазные зоны, т. е. $2q=2\cdot 3=6$ пазов, находят фазную зону той же фазы, где будет лежать верхняя сторона другой катушечной группы.

Номера пазов будут:

$$1+\tau=1+9=10;$$

$$2+\tau=2+9=11;$$

$$3+\tau=3+9=12,$$

а нижние стороны второй катушечной группы будут уложены в следующие пазы:

$$10+b=10+7=17;$$

$$11+b=11+7=18;$$

$$12+b=12+7=19;$$

так как всего 18 пазов, то нижняя сторона попадает в 1-й паз.

Если по схеме число параллельных ветвей $a=1$, то все катушечные группы соединяются

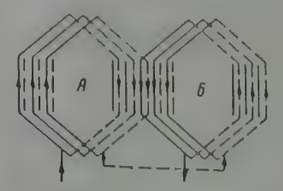


Рис. 3-11. Последовательное соединение двух соседних катушечных групп А и Б.

последовательно и соединение следует производить по рис. 3-11, а при параллельном соединении по рис. 3-12.

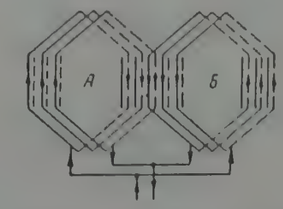


Рис. 3-12. Параллельное соединение двух соседних катушечных групп А и Б.

ж) Упрощенные схемы

Исходя не из принципиальной схемы, а из процесса укладки обмоток, можно упростить процесс нахождения катушечных групп, их начал и концов. При укладке обмоток совершенно безразлично, к какой фазе принадлежит та или иная катушка. Так как каждая катушка имеет одну верхнюю и одну нижнюю часть катушки, т. е. один верхний, а другой нижний концы, то после укладки всей обмотки получится z верхних и z нижних концов (где z — число пазов и число катушек), при этом эти концы всегда располагаются так, что нижние и верхние концы чередуются.

Учитывая, что в каждую катушечную группу последовательно включаются q соседних катушек, начинают образования катушечных групп с любого места, последовательно соединяя q соседних катушек. После соедине-

ния всех катушек в катушечные группы число верхних и нижних концов уменьшится в q раз и будет равно z/q свободных верхних концов и столько же свободных нижних концов, а их число будет равно числу катушечных групп, при этом концы будут чередоваться.

Число катушечных групп двухслойных обмоток всех фаз равно $\frac{z}{q} = 2pm$, а одной фазы $2p$.

Так как основным элементом обмотки с точки зрения образования схемы является катушечная группа и в фазу должны включаться катушечные группы, которые находятся друг от друга на расстоянии полюсного шага τ или на 180 *эл. град*, то в каждую фазу включаются катушечные группы, расположенные по статору через две группы.

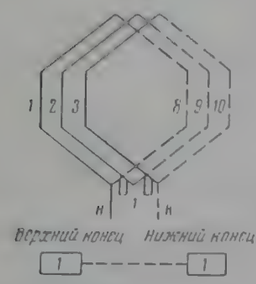


Рис. 3-13. Катушечная группа упрощенной схемы.

Если условно группа I принадлежит I фазе, то другие катушечные группы той же фазы в общем случае будут отличаться на три номера, т. е. 1, 4, 7, 10, 13, 16 и т. д.

Во II фазу включаются группы, смещенные от катушечных групп I фазы на $^2/_3\tau$ или на 120 *эл. град*. Так как ширина фазного участка равна 60 *эл. град*, то номера катушечной группы II фазы будут отличаться от номеров катушечных групп I фазы на 2, т. е. будут иметь номера 3, 6, 9, 12, 15 и т. д. Номера катушечных групп III фазы будут отличаться на 2 от номеров групп II фазы и будут иметь номера 5, 8, 11, 14, 17 и т. д. Чтобы каждый раз не вычерчивать катушечные группы, их можно изображать, как на рис. 3-13.

На рис. 3-14,*а* приведено условное изображение катушечных групп выводных концов шестиполюсного электродвигателя. Если верхний выводной конец первой катушки принять за начало фазы I, то нижний выводной конец этой группы (в электрическом отношении) будет ее концом, и если в верхних сторонах катушечных групп ток или э. д. с. имеет какое-то направление, то в нижних концах это направление будет противоположным.

Левый прямоугольник на рис. 3-14,*а* условно изображает фазную зону, в которой располагаются верхние стороны катушек одной катушечной группы, а правый прямоугольник — фазную зону, в которой располагаются нижние стороны катушек той же катушечной группы. Число, поставленное в левом прямоугольнике, обозначает номер катушечной группы и одновременно ее верхнего конца (начала). Число, поставленное в правом прямоугольнике, соответственно обозначает тот же номер катушечной группы и номер ее нижнего выводного конца.

Если считать направление тока или э. д. с. в первой катушечной группе от верхнего

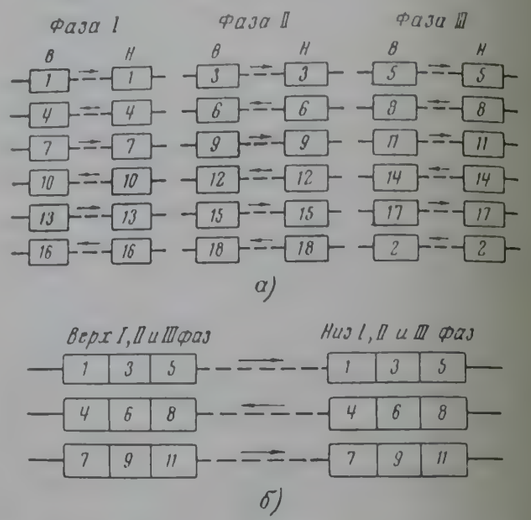


Рис. 3-14. Изображение катушечных групп при $2p = 6$ упрощенной схемы.

к нижнему концу, то направление тока или э. д. с. во всех нечетных катушечных группах будет таким, как в первой, а в четных группах — противоположным.

Во II и III фазах направление тока и э. д. с. будет таким же, как и в группах I фазы, а так как соединение катушечных групп всех трех фаз должно быть тоже одинаковым, то прямоугольники всех трех фаз могут быть совмещены (рис. 3-14,*б*).

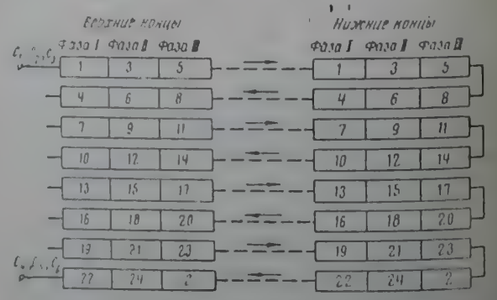


Рис. 3-15. Последовательное соединение катушечных групп при $2p = 8$.

Номера концов последних катушечных групп зависят от числа полюсов электродвигателя и будут равны:

для фазы I $3 \cdot 2p - 2$
» » II $3 \cdot 2p$
» » III 2

Например, для электродвигателя с числом полюсов $2p = 8$ (рис. 3-15). Номера концов последних катушечных групп будут:

для фазы I $3 \cdot 8 - 2 = 22$
» » II $3 \cdot 8 = 24$
» » III $2 = 2$,

а для электродвигателя с числом полюсов $2p = 6$

для фазы I $3 \cdot 6 - 2 = 16$
» » II $3 \cdot 6 = 18$
» » III $2 = 2$.

3-6. ОБРАЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК

В асинхронных электродвигателях величина воздушного зазора между ротором и статором гораздо меньше, чем в синхронных, но в первых магнитный поток создается обмоткой статора, подключенной к сети, поэтому приложенное к зажимам обмотки статора напряжение сети практически уравновешивается э. д. с., которая индуктируется вращающимся магнитным полем в обмотке. Ввиду того, что приложенное к зажимам обмотки статора напряжение сети постоянно, то и э. д. с. параллельных ветвей также постоянны.

Если параллельные ветви выполнить из катушечных групп, равномерно распределенных по статору, то один и тот же намагничивающий ток, проходя по катушечной группе, под которой зазор между статором и ротором оказался бы меньшим, создал бы больший магнитный поток, а в месте с большим воздушным зазором — меньший поток, что может привести к одностороннему притяжению ротора.

Из соображений равномерного распределения потока по зазору в асинхронных электродвигателях целесообразнее при двух параллельных ветвях (*a* = 2) в разные параллельные ветви включать диаметрально противоположные катушечные группы, а при *a* = 3 в разные параллельные ветви включать катушечные группы, отстающие друг от друга на 120 геометрических градусов.

а) Соединение катушечных групп последовательно

Катушечные группы могут быть соединены либо все последовательно, либо все параллельно, либо иметь то или иное число параллельных ветвей *a*.

Для последовательного соединения катушечных групп с *a* = 1 следует нижний конец первой катушечной группы соединить с нижним концом второй группы, а верхние концы вывести к зажимам (рис. 3-16,*а* и *б*).

Катушечные группы в электрическом отношении можно также последовательно соединить, соединив два верхних конца, а нижние концы вывести к зажимам, при этом необходимо следить за тем, чтобы у всех трех фаз соединение было обязательно одинаковым.

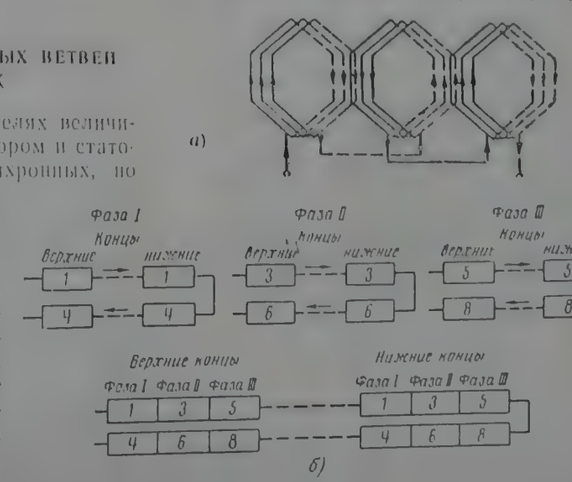


Рис. 3-16.
а — последовательное соединение трех соседних катушечных групп одной фазы; *б* — последовательное соединение двух соседних катушечных групп.

Для соединения схемы (рис. 3-15) в звезду следует концы 22, 24, 2 соединить, а концы 1, 3, 5 вывести к зажимам или наоборот — соединить концы 1, 3, 5, а концы 22, 24, 2 вывести к зажимам.

На рис. 3-17 приведена упрощенная схема последовательного соединения катушечных групп обмотки шестиполюсного электродвигателя.

Эта схема отличается от схемы восьмиполюсного электродвигателя (рис. 3-15) тем,

что вместо восьми катушечных групп в фазе принято шесть групп в фазе и соответственно уменьшено число концов обмотки. Так как в этих схемах оперируют катушечными группами, а не катушками, где укорочение шага

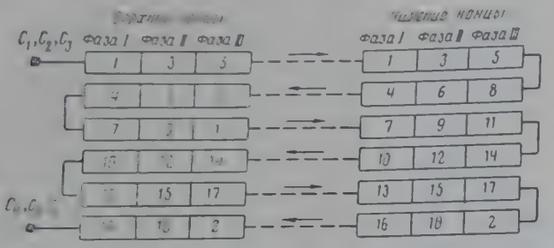


Рис. 3-17. Последовательное соединение всех катушечных групп обмотки, $2p=6$, $m=3$, $a=1$.

имеет определенное влияние, то число пазов и укорочение шага обмотки на данную схему соединения групп не влияют.

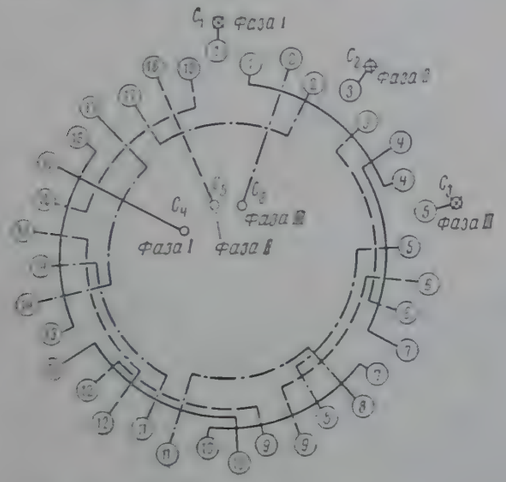


Рис. 3-18. Монтажная схема последовательного соединения всех катушечных групп, $2p=6$, $m=3$, $a=1$.

На рис. 3-18 дана монтажная схема последовательного соединения всех катушечных групп.

б) Соединение катушечных групп параллельно ($a=2p$)

Двухслойная обмотка в каждой фазе имеет $2p$ катушечных групп. Если все катушечные группы соединить параллельно, то число параллельных ветвей будет равно $2p$, т. е. $a=2p$.

Для параллельного соединения катушечных групп (рис. 3-19) следует к одному зажиму подключить все нечетные верхние концы и все четные нижние концы катушечных групп, а к другому зажиму все нечетные нижние концы и все четные верхние концы. Такое соединение объясняется тем, что все нечетные катушечные группы, как и четные, сдвинуты между собой на 360 *эл. град*, а четные катушечные сдвинуты по отношению к нечетным на 180 *эл. град*, так как они лежат под другим полюсом, чем нечетные.

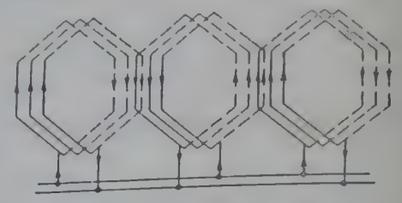


Рис. 3-19. Параллельное соединение трех соседних катушечных групп

в) Соединение катушечных групп в параллельные ветви

При двух параллельных ветвях ($a=2$) каждая половина катушечных групп должна быть соединена последовательно в одну ветвь, а затем обе группы параллельно.

Составлять параллельные ветви можно как из соседних катушечных групп, так и через одну и таким образом распределять ветвь равномерно по всей обмотке (рис. 3-20,*а* и *б*).

Так как число полюсов, деленное на число параллельных ветвей $\frac{2p}{a}=\frac{2p}{p}=2$, то $a=p$ и в каждой параллельной ветви будет по две последовательно соединенные катушечные группы. Учитывая, что число полюсов $2p$ всегда равно четному числу, такое соединение приемлемо при любом числе $2p$.

Если же обмотка имеет число параллельных ветвей, равное $a=\frac{p}{2}$, то соединение может быть осуществлено при условии, если число катушечных групп фазы будет кратно 4, так как при $a=\frac{p}{2}$ число последовательно соединенных катушечных групп в каждой параллельной ветви равно:

$$\frac{2p}{a}=\frac{2p}{\frac{p}{2}}=4,$$

а число параллельных ветвей $a=\frac{p}{2}$ может быть осуществлено в обмотках, где число катушечных групп фазы делится на 4, т. е. обмотки, у которых $2p=4$, $2p=8$, $2p=12$ и т. д. (рис. 3-21).

Если число параллельных ветвей обмотки $\left(a=\frac{p}{3}\right)$, то в каждой параллельной ветви

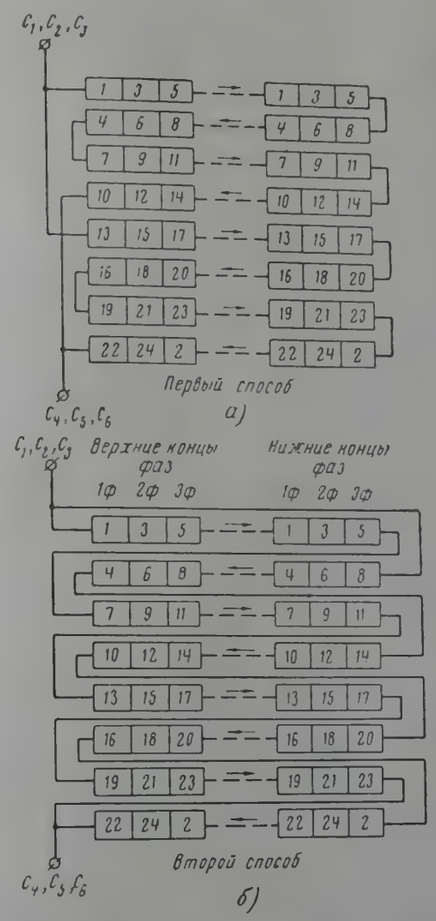


Рис. 3-20. Соединение катушечных групп в параллельные ветви, $2p=8$, $m=3$, $a=2$.

число катушечных групп, соединенных последовательно, будет:

$$\frac{2p}{a}=\frac{2p}{\frac{p}{3}}=6.$$

Такое соединение может иметь место в обмотках, у которых число катушечных групп делится на 6 или у которых число полюсов делится на 6, т. е. $2p=6$, $2p=12$, $2p=18$ и т. д.

При числе параллельных ветвей обмотки $a=\frac{p}{4}$ число последовательно соединенных катушечных групп будет:

$$\frac{2p}{a}=\frac{2p}{\frac{p}{4}}=8.$$

Поэтому такое число параллельных ветвей $\left(a=\frac{p}{4}\right)$ могут иметь обмотки, число полюсов которых делится на 8, т. е. обмотки, у которых $2p=8$, $2p=16$ и т. д.

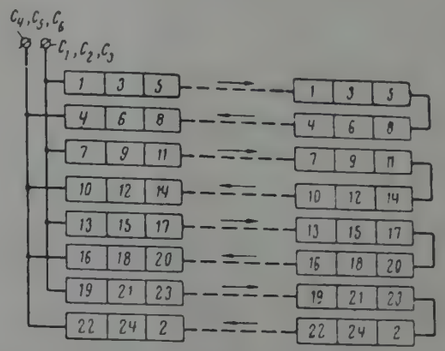


Рис. 3-21. Соединение катушечных групп в параллельные ветви, $2p=8$, $m=3$, $a=p=4$.

При числе параллельных ветвей обмотки, равном $a=\frac{p}{5}$, число последовательно соединенных катушечных групп будет:

$$\frac{2p}{a}=\frac{2p}{\frac{p}{5}}=10.$$

Поэтому число параллельных ветвей, равное $a=\frac{p}{5}$, могут иметь обмотки, у которых число полюсов $2p$ делится на 10, т. е. обмотки с $2p=10$, $2p=20$ и т. д.

3-7. ТРЕХФАЗНЫЕ ОБМОТКИ С ДРОБНЫМ ЧИСЛОМ ПАЗОВ НА ПОЛЮС И ФАЗУ

Обмотки с целым числом пазов на полюс и фазу имеют во всех катушечных группах одинаковое число катушек, равное $q=\frac{z}{6p}$.

Когда величина q не равняется целому числу, т. е. равна дробному числу, очевидно, что выполнить катушечные группы с одинаковым числом катушек невозможно. Поэтому в таких

случаях катушечные группы по числу катушек будут отличаться на единицу.

Дробное значение числа пазов на полюс и фазу можно представить так:

$$q = b + \frac{c}{d}, \qquad (3\text{-}4)$$

где b — целое число;

$\frac{c}{d}$ — правильная несократимая дробь.

Например:

$q = 2\frac{1}{3}$, где $b = 2$, $c = 3$, $d = 4$;

$q = 2\frac{3}{7}$, где $b = 2$, $c = 3$, $d = 7$.

Если же $q = 2\frac{2}{10}$, то необходимо дробь сократить и представить в виде $q = 2\frac{1}{5}$, где $b = 2$, $c = 1$, $d = 5$. Таким образом, дробное q должно состоять из целого числа и правильной несократимой дроби.

В каждой фазе содержится:

$$pq = p\left[b + \frac{c}{d}\right] = \frac{p}{d}(bd + c) \qquad (3\text{-}5)$$

катушек при концентрической катушечной обмотке.

$$2pq = \frac{2p}{d}(bd + c) \qquad (3\text{-}6)$$

катушек — при двухслойной.

В обоих случаях общее число катушек в фазе кратно величине $(bd + c)$.

В обмотках с дробным числом пазов на полюс и фазу, т. е. с дробным q, часть катушечных групп выполняется из числа катушек, равного $b+1$, а часть из b катушек.

Например, если число пазов на полюс и фазу q равно $2^3/_4$, то часть катушечных групп выполняется из $(b+1) = 2+1 = 3$ катушек, а часть из $b = 2$ катушек.

Для получения в обмотке дробного q следует из $(bd+c)$ соседних катушек образовать d катушечных групп, из коих c катушечных групп по $(b+1)$ катушек в каждой группе и по $(d-c)$ катушечных групп по b катушек в каждой группе.

Чередование больших и малых катушечных групп должно происходить в определенном порядке.

Если $q = 1^3/_7$ при соединении схемы следует взять $bd + c = 1 \cdot 7 + 3 = 10$ катушек и образовать $c = 3$ катушечные группы по $(b+1) = 1+1 = 2$ катушек в каждой группе и $(d-c) = 7-3 = 4$ катушечные группы по $b = 1$ катушек в каждой группе. Число чередований катушечных групп будет $\frac{2pm}{d}$ и равно целому числу, в противном случае дробного q получить нельзя. Кроме того, для получения симметричной обмотки необходимо, чтобы знаменатель дроби d не был равным или кратным трем.

Если в приведенном примере $2p = 14$, то число чередований катушечных групп равно будет $\frac{2pm}{d} = \frac{14 \cdot 3}{7} = 6$ по $d = 7$ катушечных групп, а в каждом чередовании по $c = 3$ катушечные группы по $(b+1) = 1+1 = 2$ катушечные группы и $(d-c) = 7-3 = 4$ катушечные группы по $b = 1$ катушечной группе, а схема соединения будет следующая:

три катушечные группы $(c = 3)$ по 2 катушки в каждой группе $(b+1)$ и четыре катушечные группы $(d-c)$ по одной катушке в каждой группе $(b = 1)$ с числом чередований, равным шести $\left(\frac{2pm}{d}\right)$. В цифровом выражении схема будет выглядеть следующим образом: (2, 2, 2, 1, 1, 1, 1) (2, 2, 2, 1, 1, 1, 1).

Цифры в скобках означают число катушек в группе, а скобки отделяют чередования. В данном случае число чередований равно шести.

Таким образом, составление схемы трехфазной обмотки с дробным значением q отличается от составления схемы такой обмотки при q, равном целому числу, тем, что при этом сначала распределяют большие и малые катушечные группы в нужном порядке в каждой фазе и только после этого приступают к их соединению.

Данные возможного распределения катушек двухслойной обмотки по катушечным группам при дробном числе пазов на полюс и фазу q приведены в табл. 3-9.

а) Параллельное соединение

При параллельном соединении обмоток с дробным q числа катушек в каждой параллельной ветви должны быть одинаковыми, а их э. д. с. совпадать по фазе.

Кроме того, все ветви должны иметь одинаковое число катушечных групп, состоящих из числа катушек, равного $b+1$, и числа катушек равного b, с одинаковым их чередованием.

Так как число чередований катушечных групп на фазу равно $\frac{2p}{d}$, то на каждую параллельную ветвь число чередований будет

Распределение катушек двухслойной обмотки по фазным группам при дробном числе пазов на полюс и фазу q *Таблица 3-9*

№	Число пазов на полюс и фазу q	Число пазов z	Число полюсов $2p$	№ групп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
				№ фаз	1	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	
				Число катушек в группе																					
1	$1\frac{1}{10}$	33	10		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	и т. д.
2	$1\frac{1}{8}$	27	8		2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
3	$1\frac{1}{5}$	36	10		2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1		
4	$1\frac{1}{4}$	15 30 45	4 8 12		2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
5	$1\frac{3}{10}$	39	10		2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	и т. д.
6	$1\frac{3}{8}$	33	8		2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
7	$1\frac{2}{5}$	42	10		2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
8	$1\frac{1}{2}$	9 18 27 36 45 54	2 4 6 8 10 12		2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
9	$1\frac{3}{5}$	48	10		2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
10	$1\frac{5}{8}$	39	8		2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1
11	$1\frac{7}{10}$	51	10		2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	и т. д.
12	$1\frac{3}{4}$	21 42 63	4 8 12		2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	$1\frac{4}{5}$	51	10		2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1
14	$1\frac{7}{8}$	45	8		2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2
15	$1\frac{9}{10}$	57	10		2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	и т. д.
16	$2\frac{1}{10}$	63	10		3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	и т. д.
17	$2\frac{1}{8}$	51	8		3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		

Продолжение таблицы 3-9

	Число пазов на полюс и фазу	№ группы / № фаз: Число пазов	Число полюсов	1 / 1	2 / III	3 / II	4 / I	5 / III	6 / II	7 / I	8 / III	9 / II	10 / I	11 / III	12 / II	13 / I	14 / III	15 / II	16 / I	17 / III	18 / II	19 / I	20 / III	
				Число катушек в группе																				
	q	z	$2p$																					
18	$2\frac{1}{6}$	66	10	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	и т. д.
19	$2\frac{1}{4}$	27	4																					
		54	8	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	
		81	12																					
20	$2\frac{2}{10}$	69	10	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	и т. д.
21	$2\frac{3}{8}$	87	8	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	
22	$2\frac{4}{10}$	72	10	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	
23	$2\frac{1}{2}$	15	2																					
		30	4																					
		45	6	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	
		60	8																					
		75	10																					
		90	12																					
24	$2\frac{3}{8}$	78	10	3	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2	3	2	и т. д.
25	$2\frac{5}{8}$	63	8	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	
26	$2\frac{7}{10}$	81	10	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	и т. д.
27	$2\frac{3}{4}$	33	4																					
		66	8	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	
		99	12																					
28	$2\frac{4}{5}$	84	10	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	
29	$2\frac{7}{8}$	69	8	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	
30	$2\frac{9}{10}$	87	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	и т. д.
31	$3\frac{1}{10}$	93	10	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	и т. д.
32	$3\frac{1}{8}$	75	8	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	
33	$3\frac{1}{6}$	57	6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	
34	$3\frac{1}{4}$	39	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	

Продолжение таблицы 3-9

	Число пазов на полюс и фазу	№ группы / № фаз: Число пазов	Число полюсов	1 / 1	2 / III	3 / II	4 / I	5 / III	6 / II	7 / I	8 / III	9 / II	10 / I	11 / III	12 / II	13 / I	14 / III	15 / II	16 / I	17 / III	18 / II	19 / I	20 / III	
				Число катушек в группе																				
	q	z	$2p$																					
35	$3\frac{3}{10}$	99	18	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	и т. д.
36	$3\frac{3}{8}$	81	8	4	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	4	
37	$3\frac{2}{5}$	102	10	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	
38	$3\frac{1}{2}$	21	2																					
		42	4																					
		63	6																					
		84	8	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	
		105	10																					
		126	12																					
39	$3\frac{3}{5}$	108	10	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	
40	$3\frac{5}{8}$	87	8	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3	4	
41	$3\frac{7}{10}$	111	10	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	и т. д.
42	$3\frac{3}{4}$	45	4																					
		90	8	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
43	$3\frac{4}{5}$	114	10	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	
44	$3\frac{7}{8}$	93	8	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	
45	$3\frac{9}{10}$	117	10	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	и т. д.
46	$4\frac{1}{8}$	99	8	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	
47	$4\frac{1}{5}$	126	10	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	
48	$4\frac{1}{4}$	51	4																					
		102	8	5	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	
49	$4\frac{3}{8}$	105	8	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4		
50	$4\frac{1}{2}$	27	2																					
		54	4																					
		81	6	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	
		108	8																					

Продолжение таблицы 3-9

	Число пазов на полюс и фазу	№ групп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		№ фаз	1	II	III	I	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III
		Число пазов	Число катушек в группе																			
	q	z	$2p$																			
51	$4\frac{5}{8}$	111	8	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4
52	$4\frac{3}{4}$	57	4																				
		114	8	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5
53	$4\frac{7}{8}$	117	8	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
54	$5\frac{1}{4}$	63	4																				
		126	8	6	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	5
55	$5\frac{1}{2}$	33	2																				
		66	4	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5
		99	5																				
56	$5\frac{3}{4}$	69	4	6	6	6	5	6	6	6	5	6	6	6	5								
57	$6\frac{1}{4}$	75	4	7	6	6	6	7	6	6	6	7	6	6	6								
58	$6\frac{1}{2}$	39	2																				
		78	4	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6
		117	6																				
59	$6\frac{3}{4}$	81	4	7	7	7	6	7	7	7	6	7	7	7	6								

равно $\frac{2p}{da}$ и должно быть целым числом для обеспечения равной величины э. д. с. параллельных ветвей.

Выбор числа параллельных ветвей при дробном q более ограничен, чем при целом. Если при $2p=4$ и целом q число параллельных ветвей могло быть равно 1, 2 и 4, то при дробном q со знаменателем дроби $d=2$ число параллельных ветвей может быть равно только 1 и 2, так как $\frac{2p}{da}=\frac{4}{a\cdot 2}=2$, а если знаменатель дроби $d=4$, число параллельных ветвей может быть равно только 1 $\left(\frac{2p}{da}=\frac{4}{1\cdot 4}=1\right)$, т. е. соединение должно быть последовательным.

Если числитель дроби c не равен единице и не равен $(d-1)$, то чередование больших и малых катушечных групп можно определить так:

Составляют таблицу из c строк и d столбиков. В таблицу, начиная с верхней строки первого столбца, вписывают c чисел, равных $b+1$. Затем $d-c$ чисел, равных b, потом снова c чисел, равных $b+1$ и $d-c$ чисел, равных b, и т. д., пока не будут заполнены все d столбцов.

Если $q=1\frac{4}{7}$, где $b=1$, $c=4$, $d=7$, откуда $b+1=2$, $d-c=3$, на базе этих цифр составляется таблица из c строк и d столбцов.

2	1	2	1	2	1	2
2	1	2	1	2	2	1
2	1	2	2	1	2	1
2	2	1	2	1	2	1

Если $q=2\frac{2}{5}$, где $b=2$, $c=2$ и $d=5$, откуда $b+1=3$ и $d-c=3$, составляют таблицу из двух строк $(c=2)$, пяти столбцов $(d=5)$:

3	2	2	3	2
3	2	3	2	2

Чередование катушечных групп можно брать по любой строке.

Чередование катушечных групп можно определить и другим способом.

Составляют таблицу из $(d-c)$ строк и d столбцов и вписывают сначала $(d-c)$ чисел, равных b, затем c чисел, равных $(b+1)$, потом снова $(d-c)$ чисел, равных b, и c чисел, равных $(b+1)$, и т. д.

При $q=2\frac{2}{5}$ таблица будет иметь три строки $(d-c=5-2=3)$ и пять столбцов $(d=5)$:

2↑	3↑	2↑	3↑	2
2	3	2	2	3
↓2	↓2	↓3	↓2	↓3.

Чередование катушечных групп можно брать по любой строке.

б) Катушечная концентрическая обмотка с дробным числом пазов на полюс и фазу (дробное q)

Такая обмотка выполнима только при четном числе пазов, кратном трем.

У такой обмотки число чередований равно $\frac{p}{d}$ с количеством групп, равным d.

Предположим, что электродвигатель имеет $z=30$ и $2p=4$, обмотка катушечная, концентрическая с числом пазов на полюс и фазу $q=\frac{z}{2pm}=\frac{30}{2pm}=2\frac{1}{2}$, где $b=2$, $c=1$ и $d=2$.

У этой обмотки в каждом чередовании должно быть: катушечная группа из $(b+1)=3$ катушек (большая катушечная группа), состоящая из $c=1$ катушечных групп и по $b=2$ катушек (малая катушечная группа) по $d-c=2-1=1$ катушечных групп.

Катушечная обмотка будет иметь число чередований: $\frac{p}{d}=\frac{2}{2}=1$; она отличается от двухслойной обмотки только числом чередований, которое для этой обмотки составит $\frac{2p}{d}=\frac{4}{2}=2$. Количество групп этой обмотки равно $d=2$, т. е. необходимое чередование и количество групп равны (3—2) или (2—3).

В катушечной концентрической обмотке диаметральный шаг обмотки сохраняется и для дробного значения q, который получается как средняя арифметическая величина из средних шагов групп одного чередования.

В тех случаях, когда число как больших, так и малых катушечных групп в одном чередовании больше 1, порядок следования этих групп в одном чередовании производится, как об этом изложено в п. «в».

в) Соединение катушечных групп

Чередование фаз при дробном числе пазов на полюс и фазу такое же, как и при целом q, поэтому порядок включения катушечных групп в каждой фазе при дробном q может быть легко определен.

При целом q чередование фаз следующее: I и, Шк, Пи, Iк, Ши, Пк и т. д. и такое же чередование остается и при дробном. Если первую катушечную группу отнести к фазе I, то этой же фазе будут принадлежать такие же катушечные группы, как и при целом q. Номера катушечных групп распределяются:

фаза I — 1,4,7,10 $(2pm-2)$;
фаза II — 3,6,9,12 $(2pm)$;
фаза III — 5,8,11,14 (2),

где катушечные группы 1, 3 и 5 приняты начальными.

Для того чтобы обмотка с дробным числом пазов на полюс и фазу была симметричной, необходимо, чтобы $\frac{2p}{ad}$ равнялось целому числу и знаменатель дроби не был равен или кратен трем, так как при знаменателе, равном или кратном трем, в фазах получится неодинаковое число катушек, что недопустимо.

3-8. ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КАТУШЕЧНЫХ ГРУПП В ФАЗЕ

Способ соединения катушечных групп в фазе определяется при расчете машины. Поскольку при дробном значении q катушечные группы в каждой фазе имеют неодинаковое число катушек, возможности образования из них параллельных ветвей значительно ограничены.

В дальнейшем будут рассматриваться только двухслойные обмотки с дробным числом пазов на полюс и фазу, так как концентрические катушечные обмотки в этом случае редко применяются.

Условие выполнимости параллельного соединения катушечных групп фазы такой обмотки при числе параллельных ветвей $a>2p$ выражается следующей формулой: $\frac{2p}{ad}$ = целому числу. Только в этом случае все параллельные ветви в одной фазе будут совершенно симметричны друг по отношению к другу. В этой формуле:

$2p$ — число полюсов;
a — число параллельных ветвей;
d — знаменатель несократимой дроби;

$$q=\left(b+\frac{c}{d}\right).$$

Соединение в две параллельные ветви при $a=2$, $\frac{2p}{ad}=\frac{p}{d}$ — целому числу, и если $2p=4$, $z=30$, $q=2\frac{1}{2}$, $b=2$, $c=1$, $d=2$, тогда $\frac{p}{d}=\frac{2}{2}=1$ — целому числу. Очевидно, что при четырех полюсах обмотки может быть соединена в две параллельные ветви, если величина $d=2$.

Если в рассматриваемом случае в каждой фазе 10 катушек и четыре катушечные группы, число чередований составит $\frac{2p}{d}=\frac{4}{2}=2$, в каждом чередовании будут по одной большой (3 катушки) и одной малой катушечной группе (2 катушки). Следовательно, в каждую параллельную ветвь должны войти две соседние катушечные группы, одна большая и одна малая. Обе параллельные ветви в каждой фазе будут симметричны.

В шестиполюсной машине ($2p=6$) соединение в две параллельные ветви невозможно, так как $\frac{p}{d}=\frac{3}{2}$ — нецелому числу.

При числе полюсов $2p=8$ необходимо, чтобы $\frac{2p}{ad}=\frac{8}{2\cdot 2}=\frac{8}{4}$ — целому числу. В этом случае число параллельных ветвей может быть равным двум или четырем.

Если $2p=10$, то $\frac{p}{d}=\frac{5}{d}$ и соединение в две параллельные ветви возможно только при $d=5$.

При $2p=12$ $\frac{p}{d}=\frac{6}{d}$ — целому числу. В этом случае, учитывая, что d не может быть кратно трем, соединение в две параллельные ветви возможно только при $d=2$.

Соединение в три параллельные ветви при $2p=2$, $2p=4$, $2p=8$, $2p=10$ невозможно. При числе полюсов, равном $2p=6$, $\frac{2p}{ad}=\frac{6}{3d}=\frac{2}{d}$ — целому числу, и образование трех параллельных ветвей возможно только при $d=2$.

Если число полюсов $2p=12$, то $\frac{2p}{ad}=\frac{12}{3d}=\frac{4}{d}$ — целому числу, и образование трех параллельных ветвей возможно при $d=2$ и при $d=4$.

Соединение в четыре параллельные ветви для случаев, когда $2p=8$. Для восьмиполюсной машины $\frac{2p}{ad}=\frac{8}{4d}=\frac{2}{d}$ — целому числу, симметричная обмотка возможна только для случая $d=2$.

При $2p=10$ получение симметричной обмотки невозможно. Если $2p=12$, то $\frac{2p}{ad}=\frac{12}{4d}=\frac{3}{d}$ — целому числу. Но так как d не может быть числом, кратным трем, то и в этом случае симметричная обмотка невыполнима.

В табл. 3-10 указаны возможное число параллельных ветвей и значения d для разных чисел полюсов.

Таблица 3-10

Возможное число параллельных ветвей

Число параллельных ветвей	Число полюсов				
	4	6	8	10	12
	Возможные значения d				
2	2	—	2 и 4	5	2 и 4
3	—	2	—	—	—
4	—	—	2	—	—

3-9. ОБМОТКИ С НЕРАВНОВИТКОВЫМИ КАТУШКАМИ

При расчетах или перерасчетах электродвигателей имеют место случаи, когда необходимый магнитный поток может получиться только при катушках с неодинаковым числом последовательно соединенных витков.

Обычно при двухслойных обмотках одну половину комплекта статорных катушек (секции) делают с одним числом витков, а другую половину с числом витков на 1 или 2 больше.

а) Первый способ укладки (при y, равном нечетному числу) (табл. 3-11)

Практически такие катушки (большие и малые) располагают в пазах так, что при расчетном шаге обмотки они (малые и большие) чередуются через один паз, при этом число катушек должно быть четным числом, так как количества «больших» и «малых» катушек должно быть одинаковым.

Так как в двухслойных обмотках число катушек равно числу пазов, то произведение числа пар полюсов на число пазов на полюс и фазу при этом способе укладки должно равняться целому числу ($p\cdot q$ — целому числу).

Так как при q, равном целому числу, произведение всегда равно целому числу, то этот способ укладки применим для всех случаев

б) Второй способ укладки (при y, равном четному числу)

При втором способе укладки (табл. 3-11) шаг обмотки должен быть четным, а катушки попарно чередоваться, т. е. каждой паре «ма

Таблица 3-11

Условия для выполнения двухслойных трехфазных обмоток переменного тока при неравновитковых секциях. Общие условия

Шаг y	Нечетный (*а*)			Четный (*б*)			
Возможная укладка секций*							
Условия для выполнения укладки	pq — целое			pq — четное. Шаг — y не должен делиться на 4			
Возможные значения q**	Четное $q=2k$	Нечетное $q=2k+1$	Дробное $q=k+\frac{1}{2}$	Кратно 4 $q=4k$	Четное $q=4k+2$	Нечетное $q=4k+1$	Дробное $q=k+\frac{1}{2}$
Возможные значения p	Любое	Любое	Четное	Любое	Любое	Четное	Кратно 4
Условия для образования параллельных ветвей a**	$2p/a=n$	$p/a=n$	$p/a=2n$	$2p/a=n$	$p/a=n$	$p/a=n$	$p/a=2n$
Соединение параллельных ветвей	Сосредоточенное и распределенное	Сосредоточенное и трехполюсное распределенное	Сосредоточенное и четырехполюсное	Сосредоточенное и распределенное	Сосредоточенное и трехполюсное распределенное	Сосредоточенное и распределенное	Комбинированное***

Продолжение табл. 3-11

Возможные значения (практически) для параллельных ветвей**

p (число пар полюсов)							
1	1, 2	1	—	1, 2	1	—	—
2	1, 2, 4	1, 2	1	1, 2, 4	1, 2	1, 2	—
3	1, 2, 3, 6	1, 3	—	1, 2, 3, 6	1, 3	—	—
4	1, 2, 4, 8	1, 2, 4	1, 2	1, 2, 4, 8	1, 2, 4	1, 2, 4	1, 2
5	1, 2, 5	1, 5	—	1, 2, 5	1, 5	—	—
6	1, 2, 3, 4, 6	1, 2, 3, 6	1, 3	1, 2, 3, 4, 6	1, 2, 3, 6	1, 2, 3, 6	—
7	1, 2, 7	1, 7	—	1, 2, 7	1, 7	—	—
8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4
9	1, 2, 3, 6	1, 3	—	1, 2, 3, 6	1, 3	—	—
10	1, 2, 4, 5	1, 2, 5	1, 5	1, 2, 4, 5	1, 2, 5	1, 2, 5	—
12	1, 2, 4, 6	1, 2, 3, 4, 6	1, 2, 3, 6	1, 2, 3, 4, 6	1, 2, 3, 4, 6	1, 2, 3, 4, 6	1, 2, 3, 6
14	1, 2, 4, 7	1, 2, 7	1, 7	1, 2, 4, 7	1, 2, 7	1, 2, 7	—
15	1, 2, 3, 5, 6	1, 3, 5	—	1, 2, 3, 5, 6	1, 3, 5	—	—
16	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8
18	1, 2, 3, 4, 6	1, 2, 3, 6	1, 3	1, 2, 3, 4, 6	1, 2, 3, 6	1, 2, 3, 6	—

* А и т. д. — любые целые числа.

** В таблице указано возможное число параллельных ветвей. В числе возможных, практически применяемых в машинах, [illegible] (при одном двухполюсном соединении, независимо от числа полюсов).

*** В одну параллельную ветвь входит [illegible] (при одном двухполюсном соединении, независимо от числа полюсов).

лых» катушек должна соответствовать пара больших, почему и число катушек должно быть кратным 4. В этом случае произведение числа пар полюсов на число пазов на полюс и фазу должно равняться четному числу, т. е. $p \cdot q$ = четному числу.

Для случая, когда число пар полюсов p и число пазов на полюс и фазу нечетные числа, второй способ укладки катушек неприемлем.

в) Образование параллельных ветвей

При образовании параллельных ветвей по первому способу укладки (табл. 3-11) необходимо включить в каждую параллельную ветвь по одинаковому числу одинаковых катушечных групп, так как при этом условии э. д. с. параллельных ветвей будут одинаковыми по величине. Для обеспечения этого требования при образовании параллельных ветвей необходимо, чтобы число катушечных групп при четном числе катушек в каждой катушечной группе делилось без остатка на число параллельных ветвей, т. е. $\frac{2p}{a}$ = целому числу.

При нечетном числе катушек в катушечной группе одинаковые по количеству катушек катушечные группы чередуются через одну и для образования параллельных ветвей должно быть выполнено требование: $\frac{2p}{2a} = \frac{p}{a} =$ целому числу. Если при этом способе укладки $q=2$ или 6, для образования параллельных ветвей $\frac{p}{a}$ должно равняться целому числу. При $q=4$ параллельные ветви могут быть образованы, если $\frac{2p}{a}$ = целому числу. При нечетном q параллельные ветви могут быть образованы, если $\frac{p}{a}$ = четному числу.

При дробном q, где знаменатель дроби $d=2$, при первом способе укладки одинаковые катушечные группы фазы располагаются через число пазов, определяемое выражением $4\tau = 6(bd+c)$ пазов, а для образования параллельных ветвей должно быть выполнено условие, когда $\frac{p}{2a}$ = целому числу. Для обмоток, укладываемых по второму способу, для образования параллельных ветвей необходимо, чтобы $\frac{p}{4a}$ было равно целому числу (см. табл. 3-11).

3-10. ВЫБОР НАЧАЛ ФАЗНЫХ ОБМОТОК С ДРОБНЫМ q

В электрических системах различают геометрические и электрические градусы, где два полюса принимаются за полную окружность, равную 360 *эл. град.*

В шестиполюсном электродвигателе каждая пара полюсов занимает 120 геометрических градусов $\frac{360}{p}$, где каждый градус соответствует 3 *эл. град.*, так как $p=3$ и вся окружность статора составит $360 \cdot p = 360 \cdot 3 = 1\,080$ *эл. град.*

Геометрический угол между двумя соседними пазами

$$\gamma^{\circ}_{\text{геом}} = \frac{2\pi}{z} = \frac{360}{z},$$

где z — число пазов, а электрический угол между двумя соседними пазами

$$\gamma^{\circ}_{\text{эл}} = \frac{360 \cdot p}{z},$$

где p — число пар полюсов.

Начала соседних фаз отстают друг от друга на определенное число пазов n_z, а электрический сдвиг между началами фаз будет равен:

$$\alpha^{\circ}_{\text{эл}} = n_z \gamma^{\circ}_{\text{эл}},$$

откуда число пазов между началами соседних фаз определится формулой

$$n_z = \frac{\alpha^{\circ}_{\text{эл}}}{\gamma^{\circ}_{\text{эл}}}.$$

В трехфазных обмотках начала фаз должны быть симметрично расположены на расстоянии двойного полюсного деления 2τ друг от друга и равны $\alpha^{\circ}_{\text{эл}} = 120°; 240°; 480°$ и т. д.

Для простоты составления схем обмоток за начало первой фазы H_1 принимается любой паз, называемый первым пазом, тогда начало второй фазы $H_2 = n_z + 1$, а началом третьей фазы $H_3 = 2n_z + 1$.

Таким же путем следует проверить и электрический угол между концами фаз.

Если угол сдвига соответствует данному числу фаз, обмотку следует считать симметричной.

Пример. Обмотка электродвигателя имеет $z=27$, $2p=4$, $m=3$ число пазов на полюс и фазу $q = 2\frac{1}{4}$.

Электрический угол сдвига между соседними пазами

$$\gamma^{\circ}_{\text{эл}} = \frac{360 \cdot p}{z} = \frac{360 \cdot 2}{27} = 26{,}7°.$$

Число пазов между началами соседних фаз

$$n_z = \frac{\alpha^{\circ}_{\text{эл}}}{\gamma^{\circ}_{\text{эл}}} = \frac{120°}{26{,}7} = 4{,}5.$$

Так как величина числа пазов получилась дробной, то этот выбор начала фаз следует считать неприемлемым. Если взять не 60° зону ($\alpha^{\circ}_{\text{эл}} = 120°$), а 120° з ону, где $\alpha^{\circ}_{\text{эл}} = 240°$, то

$$n_z = \frac{240°}{26{,}7} = 9,$$

откуда

$$H_1 = 1;$$
$$H_2 = n_z + 1 = 9 + 1 = 10;$$
$$H_3 = 2n_z + 1 = 18 + 1 = 19.$$

Этот вариант также следует считать неприемлемым, так как H_2 совпадает с концом третьей фазы K_3.

В таких случаях $\alpha^{\circ}_{\text{эл}}$ принимается равным 480°, что значения не имеет, так как $\sin 120° = \sin 480°$ и тогда

$$n_z = \frac{480°}{26{,}7°} = 18,$$

откуда

$$H_1 = 1;$$
$$H_2 = 18 + 1 = 19;$$
$$H_3 = 36 + 1 = 37.$$

Так как число пазов $z = 27$, то H_3 будет в 10-м пазу (37 — 27).

3-11. СОСТАВЛЕНИЕ ТАБЛИЦ ОБМОТОК

Чтобы избежать трудоемкой работы при вычерчивании схем, когда практически обмотчику требуется только знать, в каком порядке следует соединить секции друг с другом, схема может быть заменена таблицей обмоток.

В эту таблицу вносятся номера тех пазов, проводники которых соединяются. Составление таких таблиц производится механически по определенному шаблону.

При составлении таблицы обмотки, предположим, четырехполюсного электродвигателя с двухслойной обмоткой, у которого число пазов $z=36$, с числом пазов на полюс и фазу $q = \frac{z}{m \cdot 2p} = \frac{36}{34} = 3$, при шаге обмотки $y=7$ и числом параллельных ветвей $a=2$ каждая секция в таблице изображается номерами тех пазов, в которых лежат ее стороны, причем номера пазов сторон, находящихся в верхнем слое, ставятся, как пример, слева а находящихся в нижнем слое — справа, или наоборот. Соединения секций изображаются стрелками, направленными от начала данной фазы к ее концу.

По технологическим причинам начала всех фаз статорных обмоток по возможности следует располагать ближе друг к другу.

Если начало первой фазы лежит в пазу 1, то при целом числе пазов на полюс и фазу начало второй фазы можно уложить в паз, отстоящий от первого на расстоянии $2q$ в сторону возрастания номеров пазов или на $4q$ в сторону убывания номеров пазов, а начало третьей фазы на $4q$ в сторону возрастания или на $2q$ в сторону убывания номеров пазов.

Исходя из изложенного, можно составить таблицу для группы, равной q, где в данном случае $q=3$.

Фаза I		Фаза II		Фаза III	
в	н	в	н	в	н
H_1 → 1	6	H_2 → 25	32	H_3 → 31	2
2	9	26	33	32	3
3	10 →	27	34 →	33	4 →

Для следующих катушечных групп, состоящих из трех секций в каждой фазе, таблица может быть продолжена путем прибавления к номерам первой части таблицы величины, равной $3q$, т. е. 9, при этом направление стрелок должно быть противоположным, так как направление токов в этих группах будет обратным.

→ 10	17	→ 34 — 5 — 11
11	18	35 — 6 — 12
12	19 →	36 — 7 → 6 — 13 →

Для следующих групп, состоящих из трех секций в каждой фазе, в таблице увеличиваются номера опять на $3q=9$, при этом направление стрелок здесь должно быть тем же, что в первой группе, и обратно направлению второй группы.

→ 19	26	→ 7 — 14 — → 13 — 20
20	27	8 — 15 — 14 — 21
21	28 →	9 — 16 → 15 — 22 →

Последняя часть таблицы получается аналогично второй, но с обратным направлением стрелок.

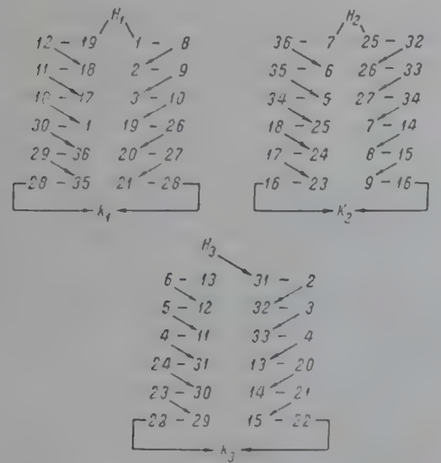
K_1 — 28	35	K_2 — 16 — 23 — K_3 — 22 — 29
29	36	17 — 24 — 23 — 30
30	1 →	18 — 25 → 24 — 31 →

После составления таблиц их следует соединить так, чтобы получились заданные две параллельные ветви в каждой фазе.

В состав одной параллельной ветви не рекомендуется включать катушечные группы секций, расположенных рядом, а соединение следует производить так, чтобы катушечные группы, входящие в состав каждой параллельной ветви, были равномерно расположены по окружности статора, благодаря чему будет предотвращена неравномерность распределения тока между ветвями, особенно в случае

эксцентричного расположения ротора по отношению к статору.

Для соединения обмотки в две параллельные ветви рекомендуется схему составить так, чтобы одна параллельная ветвь состояла из первой и третьей групп, а вторая — из второй и четвертой.



По такому же принципу можно составить и таблицу обмотки с дробным q.

3-12. КРУГОВЫЕ СХЕМЫ ТРЕХФАЗНЫХ ДВУХСЛОЙНЫХ ОБМОТОК (УПРОЩЕННЫЙ СПОСОБ ИЗОБРАЖЕНИЯ СХЕМ)

Для соединения катушечных групп может быть применим и другой упрощенный способ изображения схем трехфазных двухслойных обмоток, так называемые круговые упрощенные схемы.

На рис. 3-22 и 3-22а приведена такая схема при числе полюсов $2p=4$ с длинными и короткими перемычками. Сопряжение фаз обмотки — звезда, а соединение катушечных групп в фазе — последовательное. Как видно на рисунке, схема состоит из двух частей: наружной круговой части, в которой показаны условно (отрезками окружности) все катушечные группы с обозначением, к какой фазе они относятся, межкатушечные соединения, а также сопряжение фаз. Такое изображение дает возможность легко установить направление тока в каждой катушечной группе.

Внутренняя часть схемы, дополняющая наружную, показывает более наглядно сопряжение фаз и соединение катушечных групп в фазе между собой, но не дает представления о межкатушечных соединениях. Таким образом, внутренняя часть схемы является принципиальной, а наружная — монтажной. Во внутренней части схемы катушечные группы обозначены кружками с цифрой в середине, указывающей порядковые номера катушечных групп и последовательность их соединения между собой.

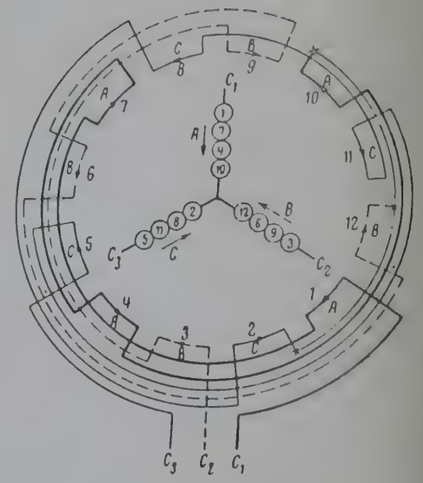


Рис. 22. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с последовательным соединением групп с длинными межгрупповыми перемычками и соединением фаз звездой.

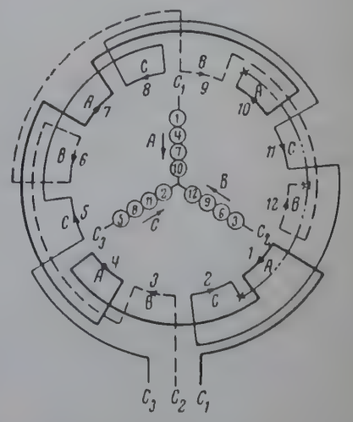


Рис. 3-22а. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с последовательным соединением групп с короткими межгрупповыми перемычками и соединением фаз звездой.

На рис. 3-23 и 3-23а приведена схема обмотки, аналогичная рассмотренной выше, но с сопряжением фаз в треугольник.

На рис. 3-24 и 3-24,*а* и рис. 3-25 и 3-25а приведены схемы такого же типа при $2p=4$ с соединением катушечных групп фазы в две

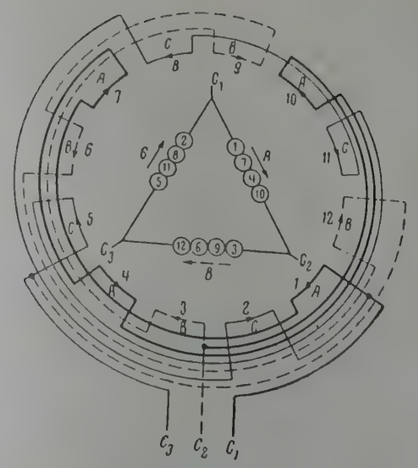


Рис. 3-23. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с последовательным соединением групп с длинными межгрупповыми перемычками и соединением фаз треугольником.

параллельные цепи при сопряжении фаз обмотки в звезду и в треугольник.

На рис. 3-26 и 3-27 показаны упрощенные круговые схемы соединения обмоток как последовательно, так и в две параллельные цепи. В этом случае каждая фаза обмотки должна иметь три вывода, а на доску зажимов выводится девять выводов.

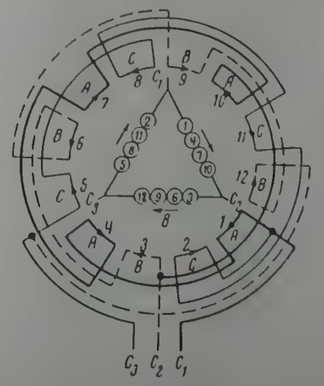
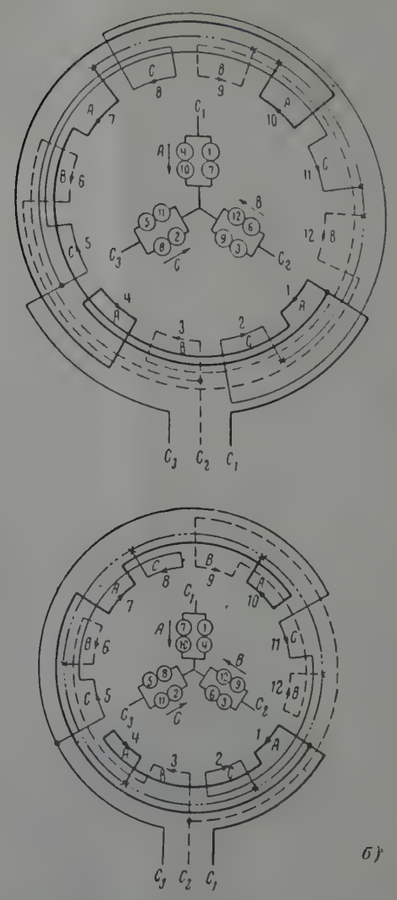


Рис. 3-23а. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с последовательным соединением групп с короткими межгрупповыми перемычками и соединением фаз треугольником.

а) Пояснения к круговым схемам

На рис. 3-22 приведена схема трехфазной обмотки с последовательным соединением катушечных групп, с длинными межгрупповыми перемычками и с соединением фаз в звезду.



а)

б)

Рис. 3-24. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с длинными и короткими перемычками, с соединением групп в две параллельные цепи и соединением фаз звездой.

Каждая фаза этой схемы имеет четыре катушечные группы, где обозначены фазы, к которым этим группы относятся.

Фаза A состоит из четырех катушечных групп (*1*, *7*, *4*, *10*), при этом, как это видно из схемы, катушечные группы *1* и *7* расположены под полюсами одной и той же полярности и соединены последовательно, так же соединены и катушечные группы *4* и *10*, расположенные под полюсами другой полярности.

В середине круга схемы приведен порядок соединения обмотки в звезду (Д) с указанием принадлежности катушечных групп к той или иной фазе, а также последовательность их соединения.

Кроме того, в фазе A стрелкой показано направление тока в катушечных группах от *1*

к *10*, в катушечных группах фазы *B* — от *3* к *12*, а в катушечных группах фазы *C* — от *5* к *2*.

На рис. 3-24,*а* приведена схема трехфазной четырехполюсной обмотки с короткими перемычками, с соединением катушечных групп

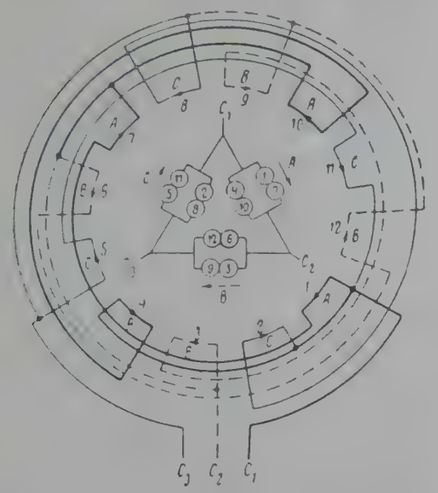


Рис. 3-25. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с длинными перемычками, с соединением групп в две параллельные цепи и соединением фаз треугольником.

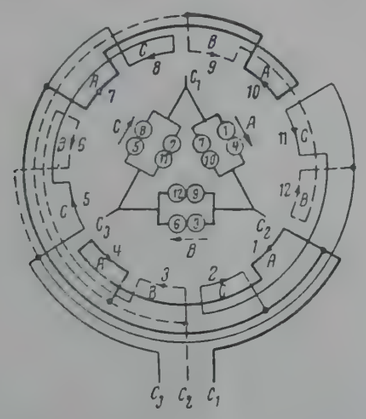


Рис. 3-25а. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с короткими перемычками, с соединением групп в две параллельные цепи и с соединением фаз треугольником.

в две параллельные ветви при соединении фаз в звезду. В этой схеме имеются 12 катушечных групп (по четыре в каждой фазе).

Фаза *A* состоит из четырех катушечных групп, соединенных в две параллельные ветви (*1—4* и *7—10*), при этом катушечные группы *1* и *4* расположены под полюсами разной полярности, равно как катушечные группы *4* и *10*.

В середине круга приведена схема соединения обмоток в звезду с указанием, какие катушечные группы принадлежат к той или иной

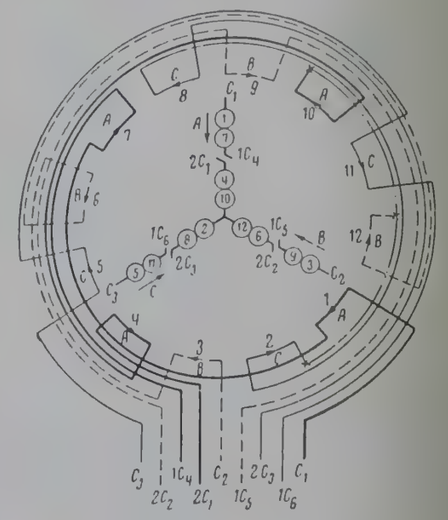


Рис. 3-26. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с длинными перемычками, с возможностью соединений групп как в две параллельные цепи, так и последовательно, с соединением фаз звездой и девятью выводами.

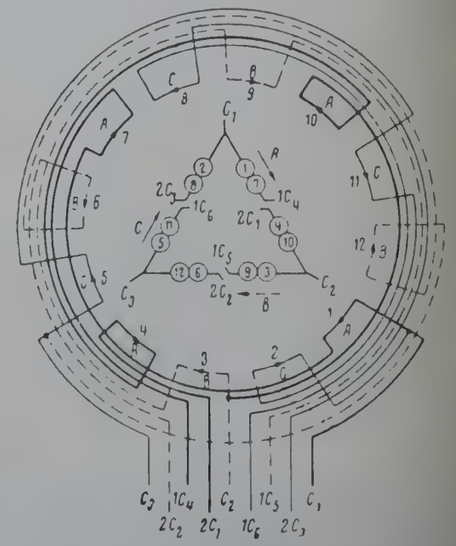


Рис. 3-27. Схема трехфазной четырехполюсной обмотки с длинными перемычками, с возможностью соединения групп как в две параллельные цепи, так и последовательно, с соединением фаз треугольником и с девятью выводами.

фазе, а также какие катушечные группы соединены параллельно. По этому принципу соединяются схемы обмотки с другим числом полюсов, другим числом катушечных групп в фазе, соединенных последовательно или параллельно, в звезду или треугольник.

На рис. 3-26 приведена схема трехфазной четырехполюсной обмотки с длинным межкатушечным соединением и возможностью соединения катушечных групп как в две параллельные цепи, так и последовательно. Обмотка имеет 12 катушечных групп.

Фаза *A* состоит из четырех катушечных групп *1—7—4—10*, которые могут быть соединены последовательно и в две параллельные ветви *1—7* и *4—10*.

Для такого соединения на коробку зажимов статора выводятся девять выводов.

Для соединения обмотки в две параллельные ветви выводное начало C_1 соединяется с началом $2C_1$, а конец $1C_4$ с концом катушечной группы *10* в нулевой точке звезды. Таким же методом соединяются остальные две фазы.

На рис. 3-23 приведена схема трехфазной четырехполюсной обмотки с последовательным соединением групп, с длинными межкатушечными соединениями с соединением фаз в треугольник.

Фаза *A* состоит из четырех катушечных групп (*1—7—4—10*), соединенных последовательно, а начало катушечной группы *1* фазы *A* и конец катушечной группы *3* фазы *C* соединены у вывода C_1.

Таким же путем соединены конец катушечной группы *10* фазы *A* с началом катушечной группы *2* фазы *B* у вывода C_2 и начало катушечной группы *3* фазы *C* с концом группы *12* фазы *B* у вывода C_3.

б) Порядок пользования круговыми схемами

Известно, что каждая фаза имеет столько полюсно-фазных (катушечных) групп, сколько в электродвигателе полюсов. Катушечные группы каждой фазы могут быть соединены последовательно (рис. 3-22 и 3-23) или параллельно (рис. 3-24 и 3-25) или же последовательно, а затем эти части с последовательно соединенными группами соединяются параллельно (рис. 3-26 и 3-27).

Максимальное число параллельных ветвей при целом числе пазов на полюс и фазу q может быть равно числу полюсов.

Если число параллельных ветвей должно быть по расчету меньше, то число полюсов должно быть кратно требуемому числу параллельных ветвей.

Если по схеме две следующие одна за другой катушечные группы одной и той же фазы лежат под полюсами различной полярности, то ток в них протекает в различных направлениях (рис. 3-22а).

Если по схеме две катушечные группы следуют с чередованием через одну группу какой-либо фазы и лежат под полюсами одной и той же полярности, ток у них протекает в одном направлении (рис. 3-22).

Направление тока в отдельных катушечных группах указывается стрелками.

При последовательном соединении двух следующих друг за другом катушечных групп одной фазы конец одной катушечной группы соединяется с концом другой (рис. 3-22а) и называется коротким соединением.

При последовательном соединении двух катушечных групп, следующих с чередованием через одну группу одной и той же фазы, конец одной катушечной группы соединяется с началом другой. Такое соединение носит название длинного соединения (рис. 3-22).

В электродвигателях с малым числом полюсов и последовательным соединением всех катушечных групп каждой фазы не будет большого различия между схемами с коротким соединением катушечных групп и схемами с длинным соединением. В небольших электродвигателях с большим числом полюсов длинные соединения имеют некоторое преимущество, так как они более технологичны при перемотках.

Параллельное соединение обмоток (рис. 3-24) способствует уменьшению несимметрии и силы одностороннего притяжения, и в этом случае обмотки с короткими соединениями катушечных групп более эффективны, чем при длинных, особенно в электродвигателях с небольшим числом полюсов.

Проверка правильности соединения обмотки, если начала обмоток фаз C_1, C_2 и C_3, производится следующим образом: обходят отдельно каждую фазу через все ее группы и в каждой группе стрелкой отмечают направление, в котором обходят эту катушечную группу. Схему соединения следует считать правильной, если на рядом лежащих группах не получится ни одной пары соседних стрелок с одним и тем же направлением. Такая проверка основана на том, что если постоянный ток пропустить в три фазы надлежащим образом соединенной обмотки, то компас, помещенный против следующих друг за другом катушечных групп, будет показывать различные полярности.

3-13. СТЕРЖНЕВЫЕ ОБМОТКИ

Стержневые обмотки в основном выполняются как двухслойные волновые с двумя эффективными витками в пазу, но могут выполняться и как однослойные и петлевые.

Такие обмотки в основном применяются для обмоток фазных роторов, отличаясь от петлевых обмоток только тем, что при последовательном обходе обмотки по пазам вокруг ротора образуют не петли, а волны.

Существуют два способа соединения стержневых обмоток ротора.

При первом способе после каждого обхода обмотки по пазам ротора шаг последнего стержня обмотки берется равным τ—1. Такой шаг называется укороченным (см. табл. 3-16).

Роторные обмотки выполняются как с целым, так и дробным числом пазов на полюс и фазу (дробное q).

При дробном q знаменатель дроби q обычно бывает равен двум.

При обходе волновой обмотки вокруг ротора одна волна обмотки направляется по часовой стрелке, а другая — против, поэтому после обхода волн (по и против часовой стрелки) получаются четыре конца, из которых два относятся к одной волне, а два — к другой, где

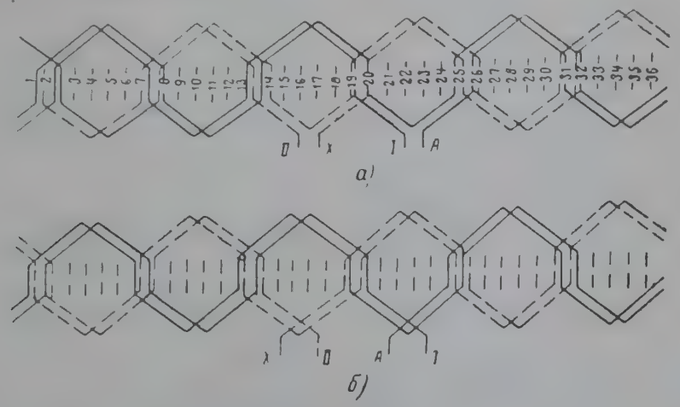


Рис. 3-28. Схема соединения стержней одной фазы волновой двухслойной обмотки.
а — с укороченным шагом; *б* — с удлиненным шагом.

При втором способе шаг соединения последнего стержня обмотки берется равным τ+1 и называется удлиненным.

Оба способа различаются только размером выполнения лобовых частей и их соединений.

При вращении ротора его лобовые части и выводные концы также вращаются, поэтому соединения отдельных частей обмотки должны быть надежно и удобно выполнены и равномерно распределены и закреплены по окружности ротора.

Пример. Электродвигатель с $2p=6$, у которого ротор имеет 36 пазов ($z=36$), а число пазов на полюс и фазу $q=2$. Соединение стержней (рис. 3-28,*а*) начинают с верхнего паза *26*, который соединяется с нижним *32*, так как диаметральный шаг $=y_2=\tau=6$, а с передней стороны нижний стержень *32* соединяется с верхним стержнем *2*. Если проследить дальше по схеме (рис. 3-28,*а*), то стержень, который лежит в пазу *20*, должен быть соединен со стержнем *26*, так как он находится на расстоянии полюсного шага τ=6, чем фактически часть обмотки замкнется накоротко. Для того чтобы такого явления не было, следует стержень в пазу *20* соединить с первым стержнем следующего обхода по обмотке, т. е. с верхним стержнем, лежащим в пазу *25* с передней стороны, беря расстояние шага равным τ—1, т. е. 6—1=5 пазовых делений от паза *20*.

Такая же картина получается только с удлиненным шагом τ+1 (рис. 3-28,*б*).

любой из четырех концов может быть принят за начало фазы (рис. 3-28,*а*). Обычно за начало фазы при соединении обмоток принимают правый верхний стержень фазной зоны (фазная зона равна q).

Как видно из рис. 3-28,*а*, за начало фазы принят верхний стержень паза *26*, а так как соседние фазные зоны одной и той же фазы смещены на полюсное деление τ, то началами следует считать выводы *A* и *II*, а концами — выводы *X* и *I*.

Если число параллельных ветвей $a=1$, то вывод *I* следует соединить с выводом *II* через перемычку, и когда началом фазы будет *A*, а концом *X*; если $a=2$, то вывод *A* следует соединить с выводом *II*, а вывод *X* с выводом *I* (рис. 3-29).

Разность между номерами пазов, в которых расположены стержни выводов *A* и *I*, равна $4q_2-1$, этой же величине разности и равна разность между номерами пазов, где расположены стержни выводов *X* и *II*.

Разность между стержнями выводов *A* и *X* равна $3q_2$, так как эти пазы отстают на τ. Такое же расстояние будет и между стержнями выводов *I* и *II*.

Таким образом, если паз, где расположен стержень с выводом *A*, обозначить буквой *K*, а нумерацию пазов вести от первого паза вправо, учитывая при этом, что совершенно безразлично, какой из пазов принят под номером 1, можно составить таблицу номеров пазов, где будут расположены выводные стержни фазы *I* (см. табл. 3-12).

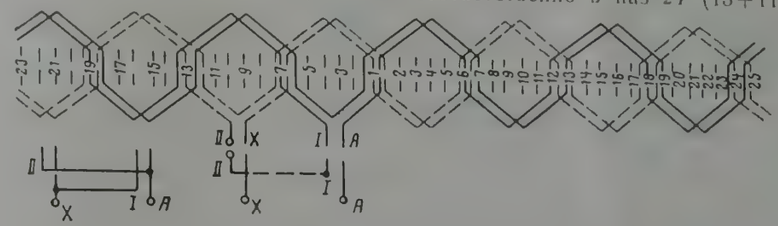


Рис. 3-29. Схема соединения стержней одной фазы обмотки ротора.

Таблица 3-12

A	*X*	*I*	*II*
K	$K-3q_2$	$K-(4q_2-1)$	$K-(7q_2+1)$
$K-1$	$z+1-3q_2$	$z+2-4q_2$	$z+2-7q_2$

Остальные две фазы выполняются аналогично первой фазе.

Расположение начальных стержней фаз *II* и *III* будет в трех равноотстоящих точках окружности ротора. По схеме, приведенной на рис. 3-30, где $2p=4$, $z_2=36$ и $q_2=3$, начало *B* второй фазы и начало *C* третьей фазы должны отстоять друг от друга на $^1/_3$ окружности, т. е. на $\frac{z}{3}=\frac{36}{3}=12$ пазов, почему и стержень *B* должен быть уложен в паз *13*, а стержень *C* — в паз *25*.

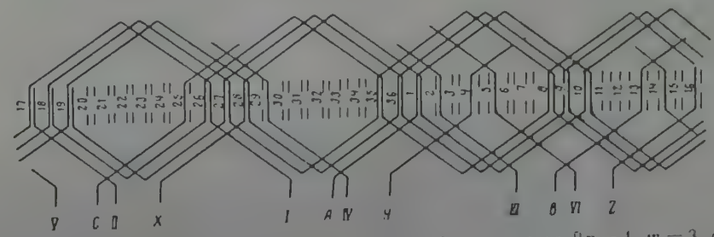


Рис. 3-30. Схема соединения стержней одной фазы обмотки ротора $2p=4$, $m=3$, $q_2=3$.

В табл. 3-13 даны номера выводных стержней.

Таблица 3-13

A	*B*	*C*	*X*	*Y*	*Z*	*I*	*III*	*V*	*II*	*IV*	*VI*
1	13	25	28	4	16	26	2	14	17	29	5

При производстве обмоточных работ удобнее, чтобы стержень *C* находился в последнем пазу, т. е. в 36-м, и тогда стержень *A* должен быть сдвинут на 11 пазов (36—25) и попадает в паз *12* (11+1) вместо паза *1*, стержень *B* — соответственно в паз *24* (13+11) вместо паза *13*, а стержень *C* — в паз *36* (25+11) вместо паза *25*.

Для того чтобы в электрическом отношении обмотка получалась симметричной, необходимо начала всех фаз сдвинуть между собой на 120 *эл. град* (вся окружность ротора имеет $p\cdot 360$ *эл. град*). Если число пар полюсов p электродвигателя делится на 3, то расположить выводные концы фаз симметрично на расстояние $^1/_3$ окружности ротора не удастся, поэтому выводные концы фаз *II* и *III* следует расположить с таким расчетом, чтобы между началами фаз *A*, *B*, *C* было по 120 или 240 *эл. град*, плюс любое целое число раз по 360 *эл. град*.

Для осуществления такой схемы вначале следует нарисовать схему расположения фазных зон с указанием на ней «начало» и «конец», а стержни *A*, *B*, *C* расположить в фазных зонах *I*, *II*, *III* и в зависимости от стержней *A*, *B*, *C* расположить остальные выводные стержни.

Пример. Если электродвигатель имеет $2p=6$, $m=3$, $z_2=72$, $q_2=4$, то номера выводных концов обмотки можно расположить в соответствии с данными табл. 3-14.

Из этой таблицы видно, что между стержнями *A*—*B*, *X*—*Y*, *I*—*III*, *II*—*IV* находится по 16 пазов, что равно четырем фазным зонам ($q=4$), а так как шири-

Таблица 3-14

A	*B*	*C*	*X*	*Y*	*Z*	*I*	*III*	*V*	*II*	*IV*	*VI*
16	32	72	4	20	60	1	17	57	61	5	45

на фазной зоны равна 60 *эл. град*, все выводные стержни фаз *I* и *II* будут находиться на расстоянии $60 \cdot 4 = 240$ *эл. град* друг от друга.

Между концами фаз *II* и *III* находятся по 40 пазов или $40 : 4 = 10$ фазных зон или $60 \cdot 10 = 600$ *эл. град*, или $600 - 360 = 240$ *эл. град* и, таким образом, все три фазы расположены под углом в 120 и 240 *эл. град*.

Образование параллельных ветвей стержневых обмоток осуществляется так же, как и при петлевых обмотках.

Пример. Электродвигатель, у которого $2p=4$, $m=3$, $q_2=3$, $z_2=36$, требуется определить номера выводных стержней фазы *I*, если за начало фазы *A* примем паз *1*.

$A = 1$ начало

$X = z_2 + 1 - 3q_2 = 36 + 1 - 3 \cdot 3 = 37 - 9 = 28$

$I = z_2 + 2 - 4q_2 = 36 + 2 - 4 \cdot 3 = 38 - 12 = 26$

$II = z_2 + 2 - 7q_2 = 36 + 2 - 7 \cdot 3 - 38 - 21 = 17$

$B = 36 : 3 + 1 = 12 + 1 = 13$

$Y = z_2 + 13 - 3 = 36 + 13 - 9 = 40 - 36 = 4$

$V = z_2 + 2 \cdot 13 - 4q_2 = 36 + 26 - 12 = 50 - 36 = 14$

$VI = z_2 + 2 \cdot 13 - 7 = 36 + 26 - 21 = 62 - 21 = 41 - 36 = 5$

$C = 13 + 12 = 25$

$Z = 36 + 1 \cdot 25 - 3q_2 = 36 + 25 - 9 = 61 - 9 = 52 - 36 = 16$

$III = 36 + 2 \cdot 25 - 4q_2 = 36 + 50 - 12 = 86 - 12 = 74 - 36 = 38 - 36 = 2$

$IV = 36 + 2 \cdot 25 - 7q_2 = 36 + 50 - 21 = 86 - 21 = 65 - 36 = 29.$

На базе этих данных и составлена табл. 3-13.

Если, как это было указано, с точки зрения удобства начало третьей фазы *C* расположить в пазу *36*, т. е. сдвинуть его на 36—25=11 пазов, то необходимо соответственно и остальные начала фаз сдвинуть, и тогда *A* попадет в паз 1+11=12, *B* — в паз 13+11=24, а *C* — в паз 24+12=36 и таблица будет выглядеть следующим образом (см. табл. 3-15).

Таблица 3-15

A	*B*	*C*	*X*	*Y*	*Z*	*I*	*III*	*V*	*II*	*IV*	*VI*
12	24	36	3	15	27	1	13	25	28	4	16

3-14. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ РОТОРНЫХ ОБМОТОК С ЦЕЛЫМ q

а) Волновые стержневые обмотки с целым q_2

Для составления схемы роторной обмотки, у которой $2p=4$, $z_2=36$, $y_2=9$, $q_2=3$ (рис. 3-30), следует из паза *1* пойти в паз *10* (1+9), затем *19*, *28* и т. д. Последний шаг обхода должен быть равен τ—1 (укороченный), на единицу меньше нормального шага, тогда стержень придет в верх паза *36*, откуда начнется второй обход, пока число обходов не достигнет величины q, чем намотка первой половины фазы будет закончена. Таким же образом после определения начал наматывают и обмотку других фаз.

Для всех чисел пар полюсов, не кратных трем, начала фаз можно разместить под углом 120°.

В приведенном примере (рис. 3-30) начало второй фазы определится как $\frac{z_2}{3}+1=\frac{36}{3}+1=13$, а начало третьей фазы как $\frac{2z_2}{3}+1=\frac{72}{3}+1=25$.

Порядок соединения схемы, не прибегая к ее вычерчиванию, можно произвести по табл. 3-16.

Таблица 3-16

Порядок соединения стержней без вычерчивания схемы

Фаза I	*Фаза II*	*Фаза III*
H_1 1 — 10	H_2 13 — 22	H_3 25 — 34
19 — 28	31 — 4	7 — 16
36 — 9	12 — 21	24 — 33
18 — 27	30 — 3	6 — 15
35 — 8	11 — 20	23 — 32
17 — 26 →	29 — 2 →	5 — 14 →
K_1 10 — 19	K_2 22 — 31	K_3 34 — 7
28 — 1	4 — 13	16 — 25
9 — 18	21 — 30	33 — 6
27 — 36	3 — 12	15 — 24
8 — 17	20 — 29	32 — 5
26 — 35 ←	2 — 11 ←	14 — 23 ←

Так как обход второй половины фазы должен следовать в обратную сторону, то ее конец должен быть расположен аналогично началу первой половины и выходить из верха паза, где номер паза будет отличаться от номера паза начала первой половины на $3q_2$, т. е. на 9 пазов. Вторую половину обмотки можно наматывать в сторону убывания номеров пазов (что удобнее при намотке) или их возрастания.

В данном случае перемычка (переход) первой фазы получится от паза 26+9=35, т. е. низ паза *26* должен быть соединен с низом паза *35*, у второй фазы — низ паза *2* с низом паза *11*, а у третьей фазы — низ паза *14* с низом паза *23*.

Если число полюсов кратно трем, то равномерно распределить начала и концы фаз по окружности ротора нельзя, ибо под углом 120° всегда будут находиться пазы одной и той же фазы.

В таких случаях рекомендуется их разбросать по окружности ротора дальше друг от друга, учитывая при этом, что это может дать некоторую неуравновешенность в балансе ротора.

б) Волновые стержневые обмотки роторов с дробным q_2

При дробном числе пазов на полюс и фазу нормальный шаг обмотки не может точно равняться полюсному делению τ. Обычно роторные обмотки бывают со знаменателем дроби q_2, равным 2.

Шаг такой обмотки может быть только целым числом, поэтому в данных случаях он не может быть диаметральным, а только укороченным или удлиненным.

Так как каждая пара соседних шагов в сумме должна равняться величине двойного полюсного деления 2τ, то укороченный или удлиненный шаги волнообразной обмотки ротора должны чередоваться.

Обычно разность между укороченным и удлиненным шагами равна единице, но может быть равна любому числу.

Число стержней каждой зоны при дробном числе пазов на полюс и фазу чередуются в каждом слое обмотки.

Вся ветвь обмотки, которая начинается фазной зоной с $q-1/2$ стержней, имеет по $q-1/2$ стержней во всех своих фазных зонах, а другая ветвь этой же зоны должна состоять из фазных зон по $q+1/2$ стержней.

Вторая ветвь включает в себе все нижние стержни тех пазов, где первая ветвь включает верхние, и наоборот.

Если через β обозначить шаг обмотки со стороны выводов, а через β_1 — шаг обмотки со стороны, противоположной выводам (рис. 3-31),

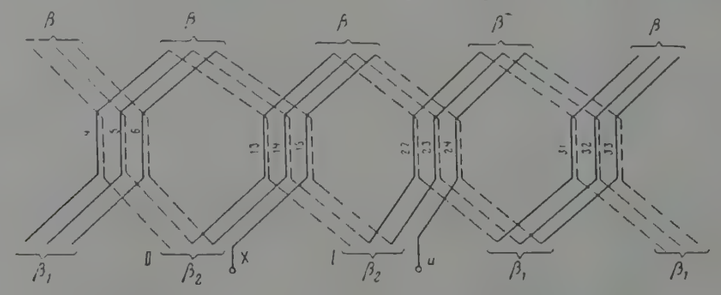


Рис. 3-31. $2p=8$, $z=72$, $q=3$. Шаг нормальный $\beta=\beta_1=9$, шаг ненормальный $\beta_2=8$.

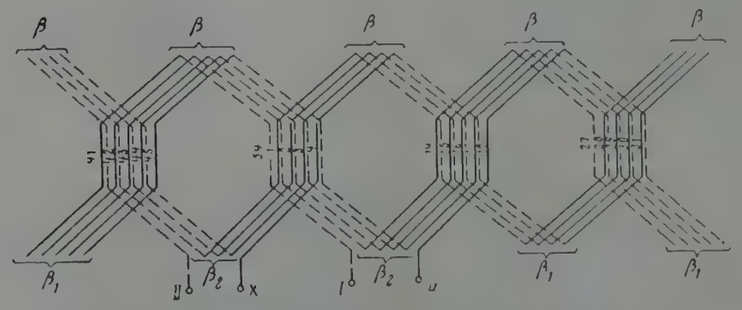


Рис. 3-32. $2p=4$, $z=54$, $q=4{,}5$. Шаг нормальный $\beta_1=14$, $\beta=13$, шаг ненормальный $\beta_2=13$.

то шаг в конце обхода (нормальный шаг) будет равен:

$$\beta_2=\beta_1-1.$$

Если шаг обмотки со стороны выводов на единицу меньше шага противоположной стороны (рис. 3-32), т. е. $\beta=\beta_1-1$, то шаг $\beta_2=\beta_1-1=\beta$.

Если же шаг обмотки со стороны выводов на единицу больше шага противоположной стороны (рис. 3-31 и 3-32), то

$$\beta_2=\beta-2.$$

3-15. МНОГОСКОРОСТНЫЕ ТРЕХФАЗНЫЕ ОБМОТКИ

Многоскоростные обмотки применяются в тех случаях, когда возникает необходимость в регулировании скорости трехфазных асинхронных электродвигателей посредством изменения числа полюсов обмотки. Различают двух-, трех- и четырехскоростные электродвигатели. Для двухскоростных электродвигателей применяются либо две электрические, не связанные между собой обмотки, где каждая рассчитана на одно число полюсов, либо одна обмотка, которая может быть переключена при помощи специального переключателя на два различных числа полюсов. Обмотки с переключением чаще всего применяются для отношения скоростей 1 : 2. Для трехскоростных электродвигателей применяются две обмотки статора, где одна обмотка — на определенное число полюсов и вторая, допускающая переключение полюсов в отношении 1 : 2. Для четырехскоростных электродвигателей обычно применяются две раздельные обмотки, каждая из которых допускает переключение числа полюсов в отношении 1 : 2. Реже применяется одна обмотка с переключением числа полюсов на три или четыре скорости. При этом в большинстве случаев предел регулирования не превышает 1 : 4.

В многоскоростных электродвигателях ротор выполняется обычно короткозамкнутым. Применение ротора с фазной обмоткой (с контактными кольцами) потребовало бы переключения числа полюсов также и в обмотке ротора, что при переключении внесло бы серьезные усложнения.

Переключение или перемотка односкоростных электродвигателей на двухскоростные в основном затрагивает только статорную обмотку.

При производстве расчета обмоток в основу принимаются данные односкоростного электродвигателя, а сам расчет производится по обычному методу, как для односкоростного.

Если низшая скорость электродвигателя совпадает со скоростью переделываемого электродвигателя, например электродвигатель со скоростью вращения 1 000 *об/мин* пересоединяется или перематывается на 1 000/1 500 *об/мин* и т. п., то при расчете можно оставить первоначальную плотность тока и индукцию в воздушном зазоре, если при высшей скорости индукция в спинке статора не выйдет за пределы допустимых величин.

Для сохранения направления вращения при переключении числа полюсов на высшую скорость следует соответственно переключить и фазы питающей сети.

Для двухскоростных электродвигателей с соотношением скоростей 2 : 1 или полюсов 1 : 2 практически для соединения фаз пользуются схемами треугольник — две звезды (△/ΔΔ), две звезды — треугольник (ΔΔ/△), звезда — две звезды (Δ/ΔΔ) и две звезды — звезда (ΔΔ/Δ), при которых переключение полюсов совершается с минимальным числом выводов от обмотки (шесть выводов).

При переключении числа полюсов с отношением 2 : 1 при работе электродвигателя на постоянную мощность (P=const) в основном применяются схемы треугольник — две звезды (△/ΔΔ) и две звезды — треугольник (ΔΔ/△), а в режиме постоянства момента — по схеме звезда — две звезды (Δ/ΔΔ).

а) Метод переключения обмоток статоров на число оборотов с отношением 1 : 2

В асинхронных электродвигателях число полюсов и их расположение определяются электрической схемой обмотки статора.

Если электродвигатель имеет одну обмотку в статоре, изменение числа полюсов или изменение скорости его вращения можно получить путем изменения направления тока в части обмотки, т. е. путем пересоединения обмотки.

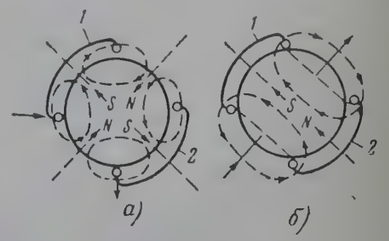


Рис. 3-33. Распределение магнитного поля.
а — при $p=2$; *б* — при $p=1$.

Практически наибольшее распространение имеют обмотки с переключением только на два числа полюсов, обычно находящихся в отношении 1 : 2.

Для пояснения принципа переключения статорной обмотки на различное число полюсов приведена схема на рис. 3-33,*а*, где показаны две катушки *1* и *2*, соединенные последовательно. Крестиками и точками в кружках показано направление тока в сторонах катушек для какого-то определенного момента вращения.

При таком соединении катушек магнитный поток, возбуждаемый катушками, образует четыре полюса.

Если теперь катушки *1* и *2* соединить параллельно (рис. 3-33,*б*), то образуются только два полюса.

Переключение обмотки на две скорости возможно не только переключением двух частей каждой фазы с последовательного соединения на параллельное, но путем соответствующего переключения этих двух частей обмотки при сохранении последовательного соединения их.

На рис. 3-34,*а* приведена схема одной фазы статорной обмотки для переключения на четыре и восемь полюсов.

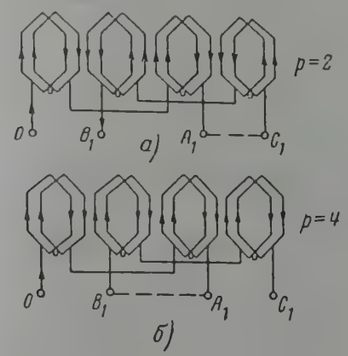


Рис. 3-34. Схема переключения одной фазы статорной обмотки на четыре и восемь полюсов.

Обмотка состоит из двух частей, в одной части первая и третья катушечные группы, а во второй — вторая и четвертая, при этом конец первой катушечной группы соединяется

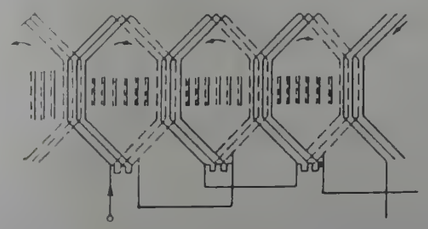


Рис. 3-35. Одна фаза двухслойной обмотки четырехполюсного электродвигателя с диаметральным шагом.

с началом третьей, а конец второй — с началом четвертой группы.

Для переключения обмотки фазы на четыре полюса соединяют конец A_1 с концом C_1, конец *0* соединяется с нулевой точкой звезды, конец B_1 — к выходу.

Для переключения обмотки на восемь полюсов концы A_1 соединяются с концом B_1, конец *0* — на соединение в звезду, а конец C_1 — на выход.

По направлению токов (стрелки на катушках), видно, что обмотка рис. 3-34,*а* имеет четыре полюса, а обмотка рис. 3-35,*б* — восемь полюсов.

На рис. 3-35 приведена одна фаза двухслойной четырехполюсной обмотки с диаметральным шагом, где число катушечных групп в ней равно числу полюсов, т. е. четырем. Катушечные группы обходятся от начала фазы к ее концу поочередно в противоположных направлениях, что не дает возможности разделить фазу на две половины для того, чтобы изменением направления обхода в одной из них изменить число полюсов.

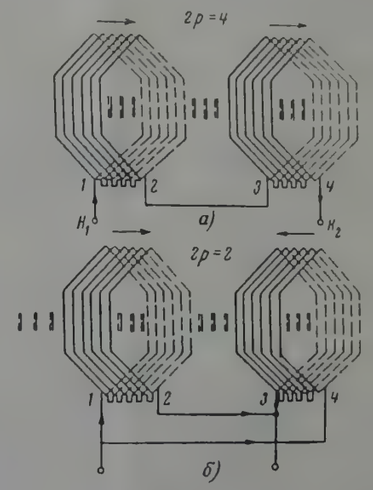


Рис. 3-36. Одна фаза двухслойной обмотки с переключением числа полюсов.

На рис. 3-36,*а* приведена обмотка также с диаметральным шагом, но число катушечных групп в ней равно большему числу пар полюсов и может быть без затруднения переключена на половинное число пар полюсов (рис. 3-36,*б*).

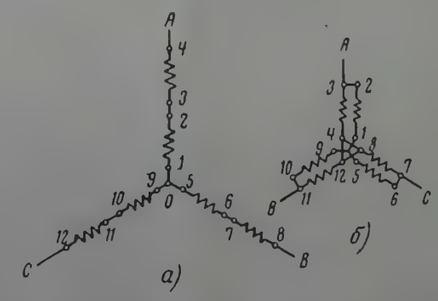


Рис. 3-37. Схема переключения двухскоростной обмотки.
а — большее число полюсов — звезда; *б* — меньшее число полюсов — звезда с двумя параллельными ветвями.

На рис. 3-37 приведена схема для переключения обмоток, имеющая шесть выводов.

При большем числе полюсов фазы соединены наглухо в звезду (рис. 3-37,*а*), а изменен

ние числа полюсов достигается переносом питания обмотки из концов фаз (точки *4, 8* и *12*) в середину фазы (точка *2—3, 6—7, 10—11*) с одновременным замыканием освободившихся концов друг с другом, благодаря чему образуется вторая нулевая точка. При таком соединении при меньшем числе полюсов обмотка оказывается соединенной в звезду с двумя параллельными ветвями (рис. 3-37,*б*).

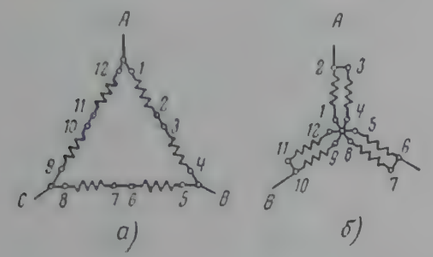


Рис. 3-38. Схема переключения двухскоростной обмотки.
а — большее число полюсов — треугольник; *б* — меньшее число полюсов — две параллельные ветви

Для переключения соединенных в треугольник фазных обмоток с большего числа полюсов (рис. 3-38) на меньшее питание обмотки с вершин треугольника (точки *1—12, 4—5* и *8—9*) (рис. 3-38,а) переносится в середину сторон треугольника (точки *2—3, 6—7, 10—11*) с замыканием концов вершин треугольника друг с другом в общую нулевую точку, где обмотка оказывается соединенной в звезду с двумя параллельными ветвями (рис. 3-38,*б*).

В этих обоих случаях (рис. 3-37 и 3-38) при сохранении порядка чередования фаз питания направление вращения с изменением числа полюсов изменяется на обратное. Для сохранения направления вращения электродвигателя следует одновременно с переключением изменить и порядок чередования фаз.

Кроме рассмотренных схем, применяются и другие, в том числе и схема треугольник — двойная параллельная звезда, где для большего числа полюсов обмотки соединяются треугольником, а для меньшего числа полюсов — по схеме двойная звезда.

б) Круговые схемы двухскоростных электродвигателей

Если желательно иметь две скорости при их отношении 2 : 1, то и число полюсов должно находиться в отношении 1:2. Если, предположим, требуются скорости 1 500 и 750 *об/мин* или 1 000 и 500 *об/мин*, то обмотка должна создавать число полюсов, равное *4—8, 6—12*, которое можно получить при одной обмотке путем ее переключения.

Удвоенное число полюсов получается при изменении направления тока в одной из двух частей каждой фазы путем переключения частей.

Полюсное деление будет равно половине полюсного деления обмотки с меньшим числом полюсов.

Так как катушечная группа занимает $^1/_3$ полюсного деления обмотки на высшую

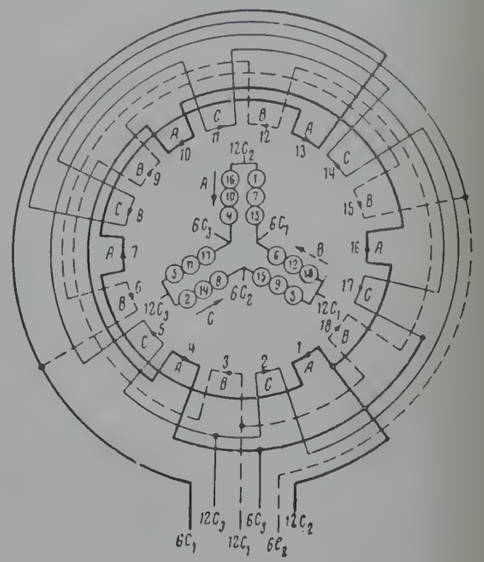


Рис. 3-39. Схема соединения трехфазной двухскоростной обмотки на 6 и 12 полюсов для работы с неизменным вращающим моментом.

скорость, то при обмотке на низшую скорость она будет занимать $^2/_3$ полюсного деления.

На рис. 3-39 приведена схема соединения этой обмотки в звезду при двух параллельных ветвях; при этом получается шесть полюсов, так как соединение будет обычным для шестиполюсной обмотки.

В фазе *A* ток в катушечных группах *1, 7* и *13*, а также *16, 10* и *4* имеет направление соответственно от *1* к *7*, от *7* к *13*; от *16* к *10*, а от *10* к *4*.

Для работы электродвигателя при скорости, равной 1 000 *об/мин*, и постоянном вращающем моменте (рис. 3-39) к питающей сети подключаются выводы $12C_1$, $12C_2$ и $12C_3$, а выводы $6C_1$, $6C_2$ и $6C_3$ соединяются.

Для работы электродвигателя при скорости 500 *об/мин* при постоянном вращающем моменте (рис. 3-39) к питающей сети подключаются выводы $6C_1$, $6C_2$ и $6C_3$, а выводы $12C_1$, $12C_2$ и $12C_3$ остаются разомкнутыми.

Для работы электродвигателя при постоянной мощности и скорости, равной 1 000 *об/мин* (рис. 3-40), к питающей сети подключаются выводы $12C_1$, $12C_2$ и $12C_3$, а выводы $6C_1$, $6C_2$ и $6C_3$ остаются разомкнутыми.

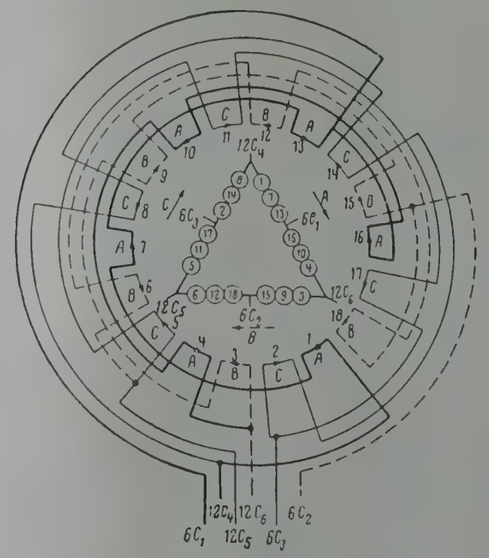


Рис. 3-40. Схема соединения трехфазной двухскоростной обмотки на 6 и 12 полюсов для работы с неизменной мощностью.

При скорости 500 *об/мин* к сети подключаются выводы $6C_1$, $6C_2$ и $6C_3$.

3-16. ОДНОФАЗНЫЕ ОБМОТКИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Однофазная обмотка в отличие от трехфазной имеет фазные зоны в 2 раза шире (120 *эл. град* под каждым полюсом), а в отношении схемы однофазные обмотки ничем не отличаются от трехфазных и практически выполняются либо в виде катушечной концентрической, либо в виде двухслойной петлевой обмотки.

а) Катушечная концентрическая обмотка. Как и в трехфазной обмотке, катушки соединяются последовательно в катушечные группы. Число катушек в каждой катушечной группе составляет $q=\frac{z\cdot 2}{2p\cdot 3}=\frac{z}{3p}$.

Например, для обмотки, у которой $2p=4$ и $z=36$, число пазов на полюс и фазу составит:

$$q=\frac{z}{3p}=\frac{36}{3\cdot 2}=6.$$

Число катушечных групп, как и всегда при катушечной концентрической обмотке, равно числу пар полюсов *p*. Все катушечные группы в этом случае имеют одинаковую форму, и лобовые части их лежат в одной плоскости.

б) Статорная обмотка однофазного электродвигателя занимает $^2/_3$ общего числа пазов. Остальная часть пазов обычно занимается так называемой пусковой обмоткой.

Отсутствие начального пускового момента у однофазного электродвигателя объясняется тем, что поле, образуемое однофазной обмоткой, не вращающееся, а пульсирующее, т. е. направление этого поля неизменно по отношению к статору, а величина его все время меняется, как бы пульсируя с частотой сети по синусоидальному закону; взаимодействие пульсирующего поля статора с током в проводниках ротора не может создать вращающего момента.

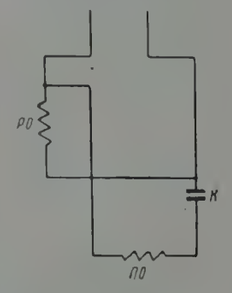


Рис. 3-41. Схема включения однофазного электродвигателя с емкостью.
Р. О. — рабочая обмотка; *П. О.* — пусковая обмотка; *К* — конденсатор.

Если вращать ротор какой-либо внешней силой в каким-либо направлении, то одно вращающееся поле будет вращаться в том же направлении, что и ротор, и это поле будет называться прямо вращающимся, а другое поле — обратно вращающимся.

По мере увеличения оборотов ротора действие прямо вращающегося поля будет возрастать, а обратно вращающегося — убывать — ослабевать и электродвигатель сможет развивать вращающий момент.

в) Вращающееся поле может быть получено, если через две обмотки, сдвинутые в пространстве друг относительно друга на 90 *эл. град*, пропустить токи, сдвинутые по фазе на 90 *эл. град*. Для этой цели в статоре, кроме основной (рабочей) обмотки, помещается еще пусковая.

Для сдвига тока по фазе на 90° последовательно с пусковой обмоткой включается конденсатор (емкость). По такой схеме электродвигатель может работать с постоянно включенной пусковой обмоткой и конденсатором (рис. 3-41).

Емкость конденсатора определяется по формуле

$$C_р=\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{I_н\cdot 10^6}{\omega U_л}\ мкф,$$

где $I_н$ — номинальный ток электродвигателя;
$U_л$ — напряжение однофазной сети;
$\omega = 314 1/мин$.

Для пуска однофазного электродвигателя последовательно с пусковой обмоткой вместо емкости может быть включено и активное сопротивление, которое отключается от сети после того, как скорость элекродвигателя будет приближаться к номинальной.

Величина активного сопротивления должна равняться величине сопротивления пусковой обмотки переменному току и может быть приблизительно определена по формуле

$$R = \frac{a\eta_н \cdot \cos\varphi_н}{K_i P_н},$$

где a коэффициент, зависящий от характеристики электродвигателя;

$\eta_н$ и $\cos\varphi_н$ — номинальные к. п. д. и коэффициент мощности в трехфазном исполнении;

K_i — кратность пускового тока электродвигателя;

$P_н$ — номинальная мощность в трехфазном исполнении.

3-17. СХЕМЫ ОБМОТОК

Обозначения

I. В схемах:

первая фаза A — толстая линия;

вторая фаза B — линия средней толщины;

третья фаза C — тонкая линия;

соединения нулевой точки — штрих-пунктирная линия;

слой обмотки, лежащий у клина, — сплошная линия;

слой обмотки, лежащий на дне паза, — пунктирная линия;

направление тока — стрелка;

пазы и катушечные группы обозначаются порядковым номером (в упрощенных круговых схемах порядковый номер поставлен у начала катушечной группы, а стрелка направления тока — у ее конца).

II. В таблицах упрощенных круговых схем:

начала катушечных групп обозначаются буквой H, а конец — буквой K с указанием номера катушечной группы;

количество групп, соединенных параллельно, показано фигурной скобкой.

А. Схемы статорных обмоток односкоростных электродвигателей

Здесь приведены схемы (№ схем: 1—58) статорных обмоток односкоростных электродвигателей, применительно к единой серии А и АО основного исполнения и модификации. Эти схемы, перечень которых дан в табл. 3-17, пригодны для электродвигателей любого типа, имеющих аналогичные параметры.

В результате обобщения опыта ремонтных организаций для однослойной концентрической обмотки приведена развернутая круговая схема, а для двухслойной обмотки два вида схемы — упрощенная круговая и развернутая.

Упрощенные круговые схемы, показывающие только межгрупповые соединения, просты, наглядны и удобны для обмотчика при производстве соединения схем.

Кроме того, эти схемы действительны для всех электродвигателей, имеющих одинаковое число полюсов и параллельных ветвей, независимо от числа пазов и шага обмотки.

Такое преимущество дает возможность считать упрощенные круговые схемы основными для руководства при соединении схем обмоток и обучении обмотчиков.

Так как часть обмотчиков привыкла пользоваться развернутыми схемами, эти схемы также приводятся.

В приведенных схемах нумерация пазов и катушечных групп, а также направление обхода межкатушечных и межгрупповых соединений дано по часовой стрелке, а начала фаз первой C_1, второй C_2 и третьей C_3 присоединены соответственно к началам первой, третьей и пятой катушечных групп.

Выполняемые некоторыми заводами схемы обмоток, у которых нумерация катушечных групп не совпадает с направлением обхода, а начала второй и третьей фаз присоединены не к третьей и пятой катушечным группам, применять не рекомендуется.

Упрощенные круговые схемы приведены для трех способов сопряжения фаз: звезда — треугольник с выводом шести концов, звезда с выводом трех концов и треугольник с выводом трех концов.

В упрощенных круговых схемах даны соединения концов катушечных групп в фазах и обмоток фаз при различных сопряжениях.

Развернутые схемы двухслойной обмотки показаны для сопряжения фаз звезда — треугольник с выводом шести концов, где во избежание загромождения чертежа направление тока показано только для одной фазы.

Таблица 3-17

Перечень схем статорных обмоток односкоростных асинхронных электродвигателей

№ схемы	Тип обмотки	Число полюсов $2p$	Число пазов z_1	Шаг по пазам y	Число параллельных ветвей a	Вид схемы
1	Двухслойная	2	—	—	1	Упрощенная круговая
2	"		—	—	2	
3	"	4	—	—	1	То же
4	"		—	—	2	" "
5	"		—	—	4	" "
6	"	6	—	—	1	" "
7	"		—	—	2	" "
8	"		—	—	3	" "
9	"		—	—	6	" "
10	"	8	—	—	1	" "
11	"		—	—	2	" "
12	"		—	—	4	" "
13	"		—	—	8	" "
14	Однослойная катушечная	2	24	Диаметральный	1	Развернутая
15	Двухслойная			1—10	1	"
16	"		36	1—13	1	"
17	"			1—13	2	"
18	"			1—14	2	"
19	"	4	48	1—18	2	"
20	Однослойная катушечная		24	Диаметральный	1	"
21	То же			Диаметральный	1	"
22	Двухслойная		36	1—8	1	"
23	"			1—9	1	"
24	Однослойная катушечная			Диаметральный	2	"
25	Двухслойная			1—8	2	"
26	"			1—9	2	"
27	"		48	1—11	2	"
28	"			1—11	4	"
29	"		54	1—14	1	"
30	"		60	1—14	4	"
31	"		72	1—19	2	"
32	Однослойная катушечная	6	36	Диаметральный	1	"
33	Двухслойная			1—6	1	"
34	Однослойная катушечная			Диаметральный	3	"
35	Двухслойная			1—6	2	"
36	"		54	1—8	1	"
37	"			1—9	1	"
38	"			1—10	1	"
39	"			1—8	2	"
40	"			1—9	2	"
41	"			1—8	3	"
42	Двухслойная	6	54	1—9	3	Развернутая
43	"		60	1—11	1	"
44	"		72	1—11	2	"
45	"			1—11	3	"
46	"			1—12	3	"
47	"			1—11	6	"
48	"			1—12	6	"
49	"	8	48	1—6	1	"
50	"			1—6	2	"
51	"		54	1—7	1	"
52	"			1—7	2	"
53	"		60	1—8	1	"
54	"		72	1—8	1	"
55	"			1—8	2	"
56	"			1—8	4	"
57	"			1—9	4	"
58	"			1—9	8	"

Б. Схемы роторных обмоток электродвигателей с фазным ротором и статорных обмоток многоскоростных электродвигателей

Здесь приведены схемы обмоток фазных роторов и статорных обмоток многоскоростных электродвигателей применительно к единой серии А и АО, перечень которых дан в табл. 3-18. Эти схемы пригодны для электродвигателей любого типа, имеющих аналогичные параметры.

Нумерация пазов, катушечных групп, направление обхода межкатушечных и межгрупповых соединений приведены по часовой стрелке.

В двухскоростных обмотках с соотношением скоростей 1 : 2 и соединением треугольник — двойная звезда начала фаз при меньшей скорости (включение в треугольник) присоединены соответственно к первой, пятой и девятой катушечным группам.

На всех схемах двухскоростных обмоток показаны включение электродвигателей на каждую скорость и направление тока для меньшего числа полюсов, причем на развернутых схемах направление тока показано только для одной фазы. (Продолжение текста и табл. 3-18 см. стр. 273).

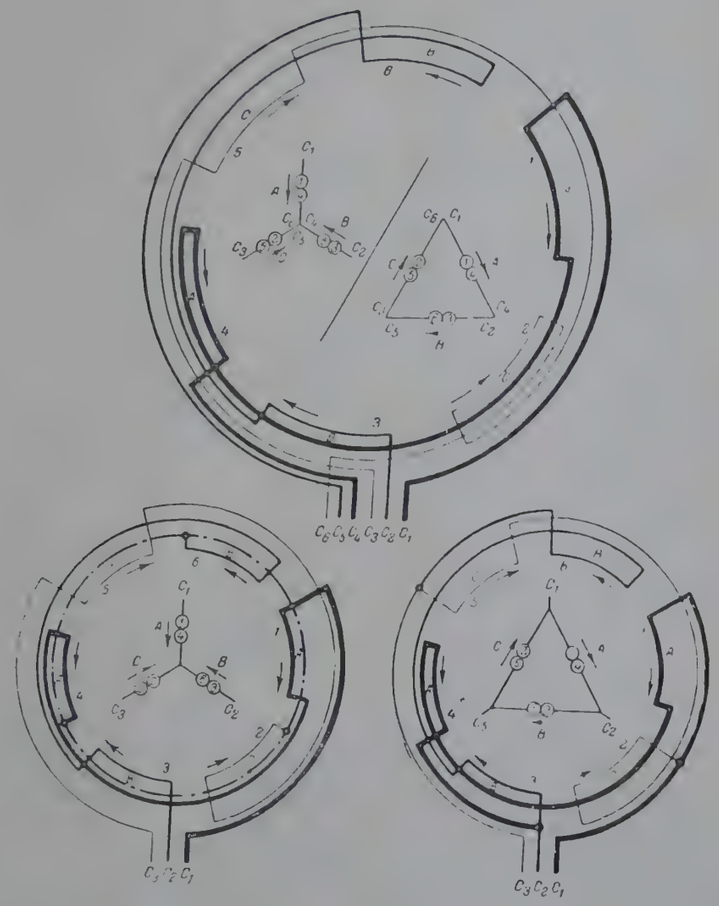


Рис. 3-42. Упрощенная круговая схема № 1 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 2$, $a = 1$.

Соединения в фазах			Фазы	Сопряжения фаз		
A	*B*	*C*		Y/Δ 6 выводов	Y 3 вывода	Δ 3 вывода
$H_1K_4 \rightarrow K_4H_4$	$H_2K_5 - K_5H_5$	$H_3K_6 \rightarrow K_6H_6$	*A*	$C_1 \rightarrow H_1$ $C_4 \rightarrow H_4$	$C_1 \rightarrow H_1$	$C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow H_2$
			B	$C_2 \rightarrow H_2$ $C_5 \rightarrow H_5$	$C_2 \rightarrow H_2$	$C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow H_3$
			C	$C_3 \rightarrow H_3$ $C_6 \rightarrow H_6$	$C_3 \rightarrow H_3$	$C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow H_4$
			Нулевая точка		$H_4 \rightarrow H_5 \rightarrow H_6$	

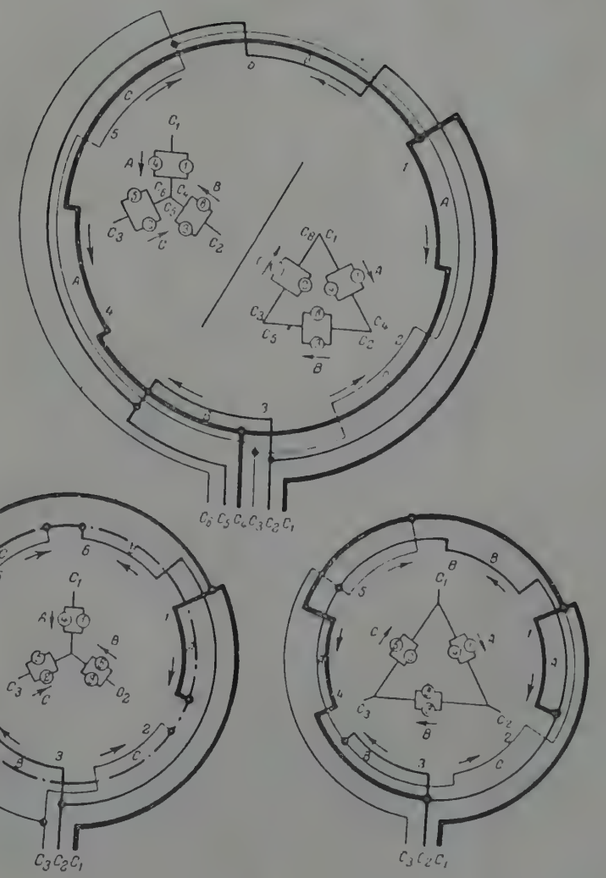


Рис. 3-43. Упрощенная круговая схема № 2 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 2$, $a = 2$.

Соединения в фазах						Фазы	Сопряжения фаз		
A		*B*		*C*			Y/Δ 6 выводов	Y 3 вывода	Δ 3 вывода
H_1K_1	параллельно	H_2K_5	параллельно	H_3K_6	параллельно	*A*	$C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow K_4$ $C_4 \rightarrow K_1 \rightarrow H_4$	$C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow K_4$	$C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow K_4 \rightarrow K_5 \rightarrow H_2$
						B	$C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow H_5$ $C_5 \rightarrow K_2 \rightarrow H_5$	$C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow K_5$	$C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow K_5 \rightarrow K_1 \rightarrow H_4$
K_4H_4		K_5H_5		K_6H_6		*C*	$C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow K_6$ $C_6 \rightarrow K_3 \rightarrow H_6$	$C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow K_6$	$C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow K_6 \rightarrow K_3 \rightarrow H_6$
						Нулевая точка		$K_1 \rightarrow H_4 \rightarrow K_2 \rightarrow H_5 \rightarrow K_3 \rightarrow H_6$	

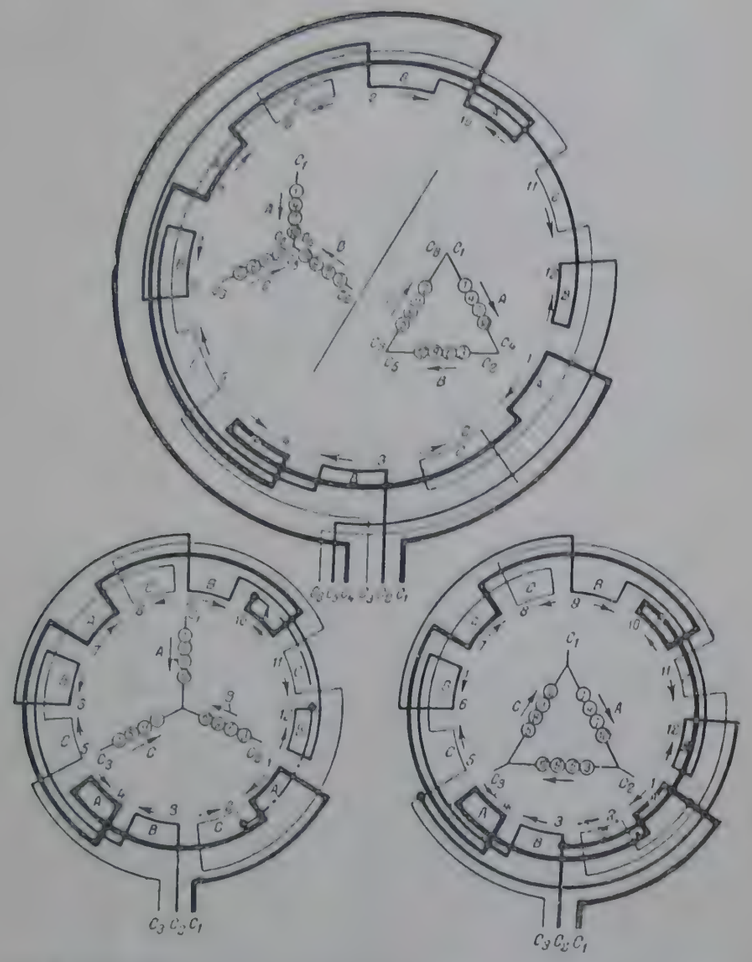


Рис. 3-44. Упрощенная круговая схема № 3 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 4$, $a = 1$.

Соединения в фазах			Фазы	Сопряжения фаз		
A	*B*	*C*		Y/Δ 6 выводов	Y 3 вывода	Δ 3 вывода
$H_1K_1 \rightarrow K_4H_4 \rightarrow H_7K_7 \rightarrow K_{10}H_{10}$	$H_2K_2 \rightarrow K_5H_5 \rightarrow H_8K_8 \rightarrow K_{11}H_{11}$	$H_3K_3 \rightarrow K_6H_6 \rightarrow H_9K_9 \rightarrow K_{12}H_{12}$	*A*	$C_1 \rightarrow H_1$ $C_4 \rightarrow H_{10}$	$C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow H_7$	$C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow H_7 \rightarrow H_4$
			B	$C_2 \rightarrow H_2$ $C_5 \rightarrow H_{11}$	$C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow H_8$	$C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow H_8 \rightarrow H_5$
			C	$C_3 \rightarrow H_3$ $C_6 \rightarrow H_4$	$C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow H_9$	$C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow H_9 \rightarrow H_6$
			Нулевая точка		$H_{10} \rightarrow H_{11} \rightarrow H_{12}$	

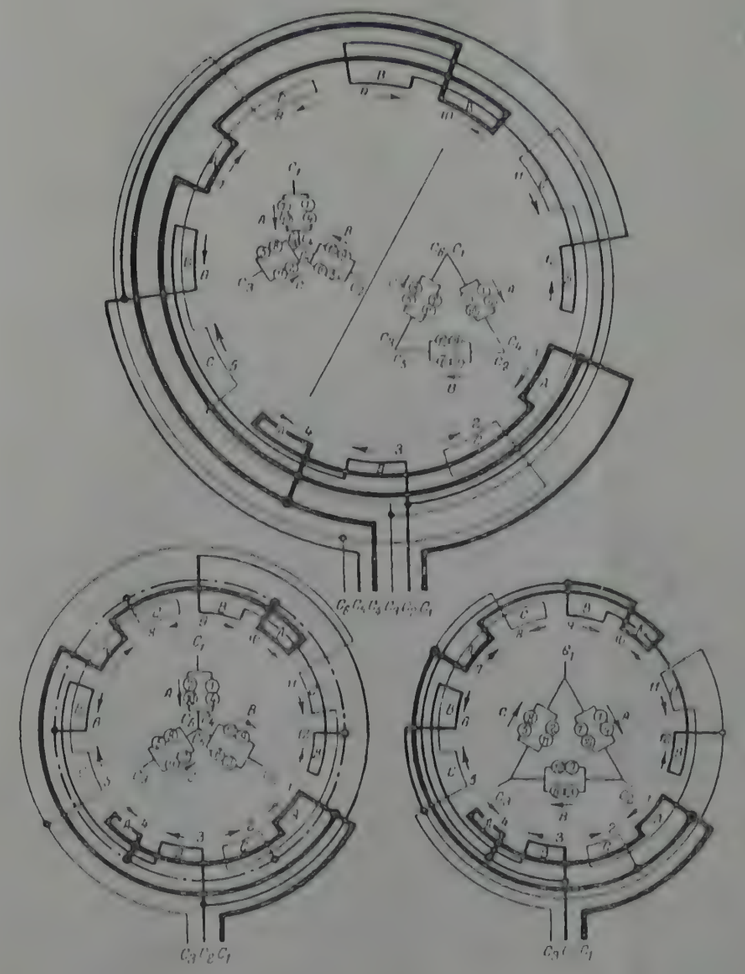


Рис. 3-45. Упрощенная круговая схема № 4 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 4$, $a = 2$.

Соединения в фазах			Фазы	Сопряжения фаз		
A	*B*	*C*		Y/Δ 6 выводов	Y 3 вывода	Δ 3 вывода
$H_1K_1 \rightarrow K_4H_4$ (параллельно) $H_7K_7 \rightarrow K_{10}H_{10}$	$H_2K_2 \rightarrow K_5H_5$ (параллельно) $H_8K_8 \rightarrow K_{11}H_{11}$	$H_3K_3 \rightarrow K_6H_6$ (параллельно) $H_9K_9 \rightarrow K_{12}H_{12}$	*A*	$C_1 \rightarrow H_1$ $C_4 \rightarrow H_7 \rightarrow H_{10}$	$C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow H_7$	$C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow H_7 \rightarrow H_4$
			B	$C_2 \rightarrow H_2$ $C_5 \rightarrow H_8 \rightarrow H_{11}$	$C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow H_8$	$C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow H_8 \rightarrow H_5 \rightarrow H_{11}$
			C	$C_3 \rightarrow H_3$ $C_6 \rightarrow H_9 \rightarrow H_{12}$	$C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow H_9$	$C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow H_9 \rightarrow H_6 \rightarrow H_{12}$
			Нулевая точка		$H_{10} \rightarrow H_{11} \rightarrow H_{12}$	

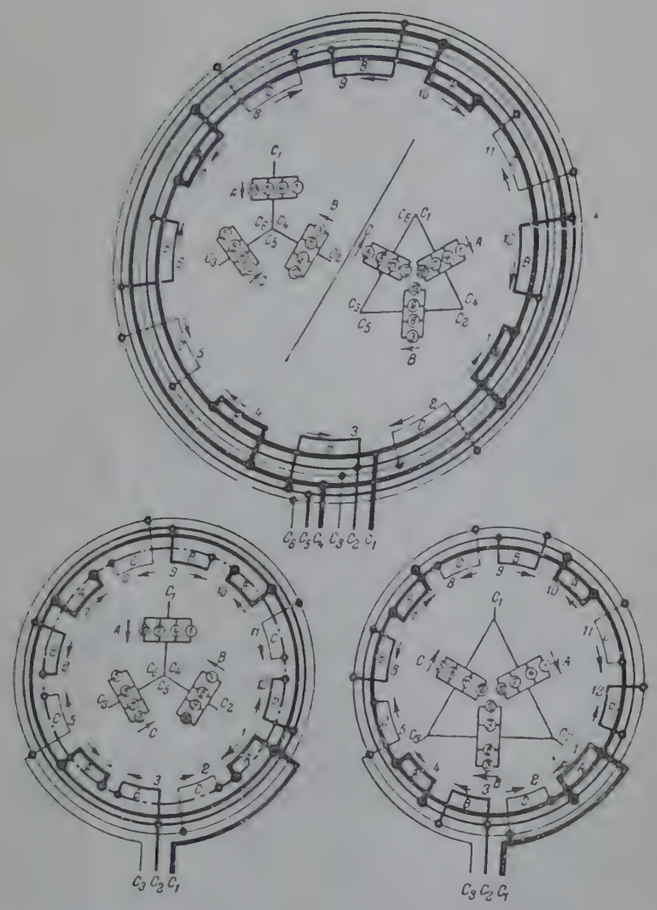


Рис. 3-46. Упрощенная круговая схема № 5 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 4$, $a = 4$.

Соединения в фазах			Фазы	Сопряжения фаз		
A	B	C		Y/Δ 6 выводов	Y 3 вывода	Δ 3 вывода
H_1K_1 ⎫ параллельно K_4H_4 ⎭	H_2K_2 ⎫ параллельно K_5H_5 ⎭	H_3K_3 ⎫ параллельно K_6H_6 ⎭	A	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10}$ $C_4 \to K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10}$	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10}$	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10} \to$ $\to K_5 \to H_8 \to K_{11} \to H_2$
H_7K_7 ⎫ параллельно $K_{10}H_{10}$ ⎭	H_8K_8 ⎫ параллельно $K_{11}H_{11}$ ⎭	H_9K_9 ⎫ параллельно $K_{12}H_{12}$ ⎭	B	$C_5 \to H_5 \to K_8 \to H_{11} \to K_2$ $C_2 \to K_5 \to H_8 \to K_{11} \to H_2$	$C_2 \to H_2 \to K_5 \to H_8 \to K_{11}$	$C_2 \to H_2 \to K_5 \to H_8 \to K_{11} \to$ $\to K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10}$
$H_{13}K_{13}$ ⎫ параллельно $K_{16}H_{16}$ ⎭	$H_{14}K_{14}$ ⎫ параллельно K_2H_2 ⎭	$H_{15}K_{15}$ ⎫ параллельно K_3H_3 ⎭	C	$C_3 \to H_3 \to K_6 \to H_{11} \to K_2$ $C_6 \to K_3 \to H_6 \to K_{11} \to H_2$	$C_3 \to H_3 \to K_6 \to H_{11} \to K_2$	$C_3 \to H_3 \to K_6 \to H_{11} \to K_2 \to$ $\to K_3 \to H_6 \to K_9 \to H_{12}$
			Нулевая точка		$K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10} \to K_2 \to H_5 \to$ $\to K_8 \to H_{12} \to K_5 \to H_8 \to K_{11} \to H_2$	

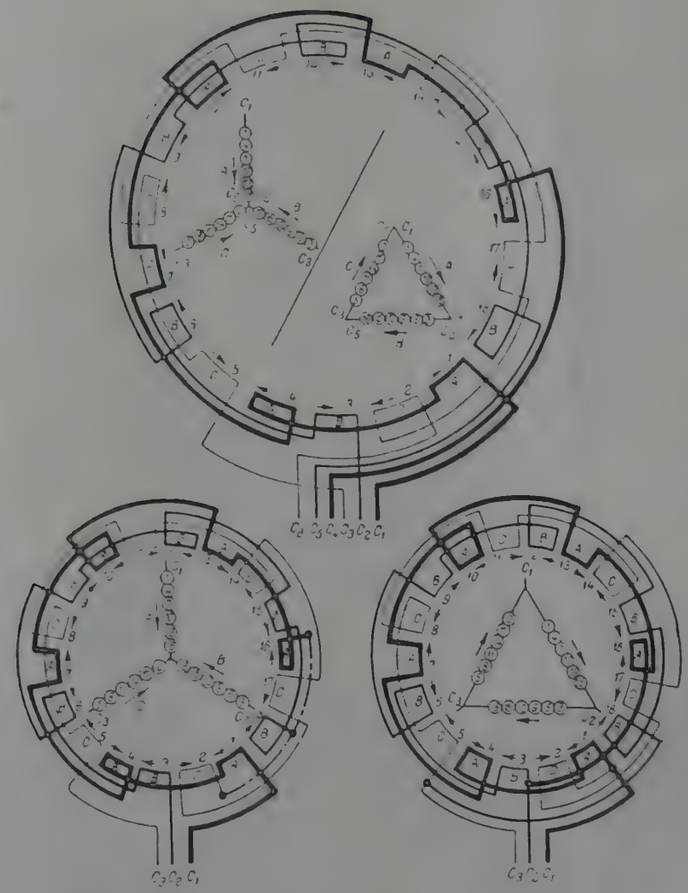


Рис. 3-47. Упрощенная круговая схема № 6 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 6$, $a = 1$.

Соединения в фазах			Фазы	Сопряжения фаз		
A	B	C		Y/Δ 6 выводов	Y 3 вывода	Δ 3 вывода
$H_1K_1 \to K_4H_4 \to$	$H_2K_2 \to K_5H_5 \to$	$H_3K_3 \to K_6H_6 \to$	A	$C_1 \to H_1$ $C_4 \to H_4$	$C_1 \to H_1$	$C_1 \to H_1 \to K_4$
$\to H_7K_7 \to K_{10}H_{10}$	$\to H_8K_8 \to K_{11}H_{11} \to$	$\to H_9K_9 \to K_{12}H_{12} \to$	B	$C_5 \to H_5$ $C_2 \to H_2$	$C_2 \to H_2$	$C_2 \to H_2 \to K_5$
$\to H_{13}K_{13} \to K_{16}H_{16}$	$\to H_{14}K_{14} \to K_2H_2$	$\to H_{15}K_{15} \to K_3H_3$	C	$C_3 \to H_3$ $C_6 \to H_6$	$C_3 \to H_3$	$C_3 \to H_3 \to K_6$
			Нулевая точка		$K_4 \to H_7 \to K_{10} \to K_5 \to H_8 \to K_{11} \to K_6 \to H_9 \to K_{12} \to K_1 \to H_{10} \to K_2 \to H_5 \to K_8 \to H_{12} \to K_3 \to H_6 \to K_9 \to H_{11} \to

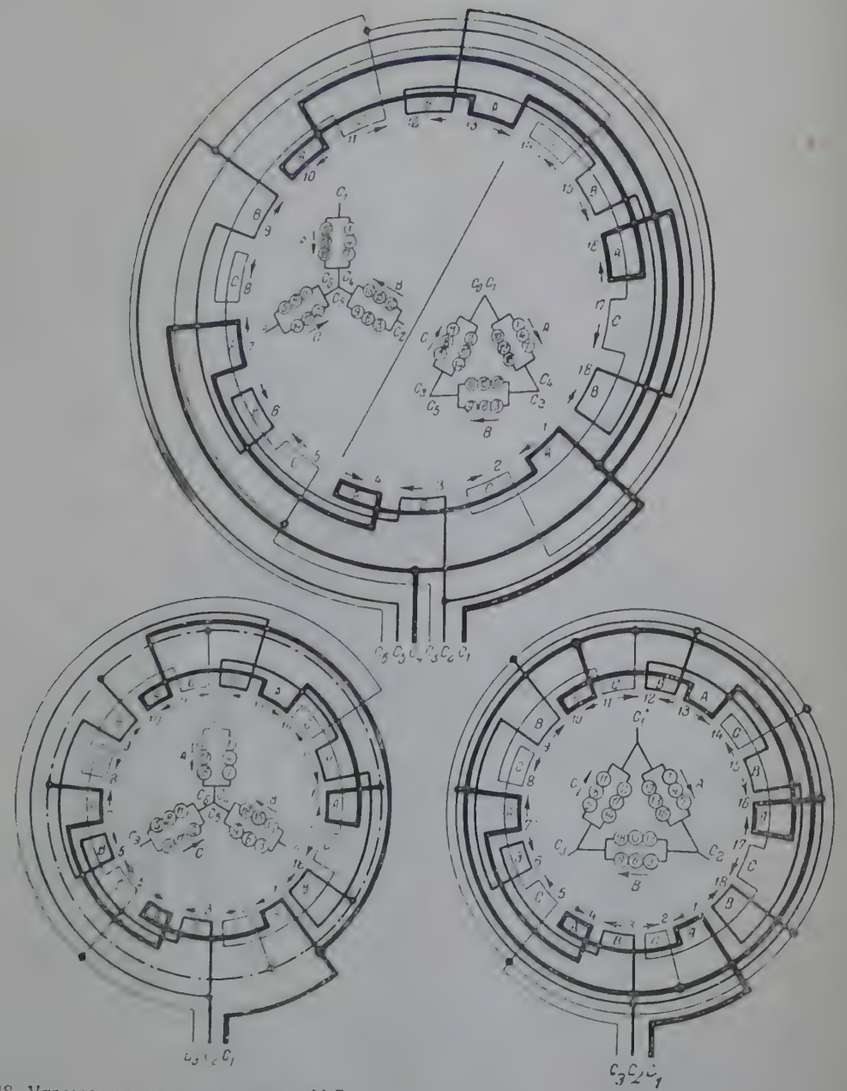


Рис. 3-48. Упрощенная круговая схема № 7 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 6$, $a = 2$.

Соединения в фазах A	Соединения в фазах B	Соединения в фазах C	Фазы	Сопряжения фаз Y/Δ 6 выводов	Сопряжения фаз Y 3 вывода	Сопряжения фаз Δ 3 вывода
$H_1K_1 \to K_4H_4 \to H_7K_7$ } параллельно $K_{10}H_{10} \to H_{13}K_{13} \to K_{16}H_{16}$	$H_3K_3 \to K_6H_6 \to H_9K_9$ } параллельно $K_{12}H_{12} \to H_{15}K_{15} \to K_{18}H_{18}$	$H_5K_5 \to K_8H_8 \to H_{11}K_{11}$ } параллельно $K_{14}H_{14} \to H_{17}K_{17} \to K_2H_2$	A	$C_1 - H_1 - K_{10}$ $C_4 - K_7 - H_{16}$	$C_1 \to H_1 \to K_{10}$	$C_1 \to H_1 \to K_{10} \to K_{11} \to H_2$
			B	$C_2 \to H_3 \to K_{12}$ $C_5 \to K_9 \to H_{18}$	$C_2 \to H_3 \to K_{12}$	$C_2 \to H_3 \to K_{12} \to K_7 \to H_{18}$
			C	$C_3 \to H_5 \to K_{14}$ $C_6 \to K_{11} \to H_2$	$C_3 \to H_5 \to K_{14}$	$C_3 \to H_5 \to K_{14} \to K_9 \to H_{16}$
			Нулевая точка		$K_7 \to H_{16} \to K_9 \to H_{18} \to K_{11} \to H_2$	

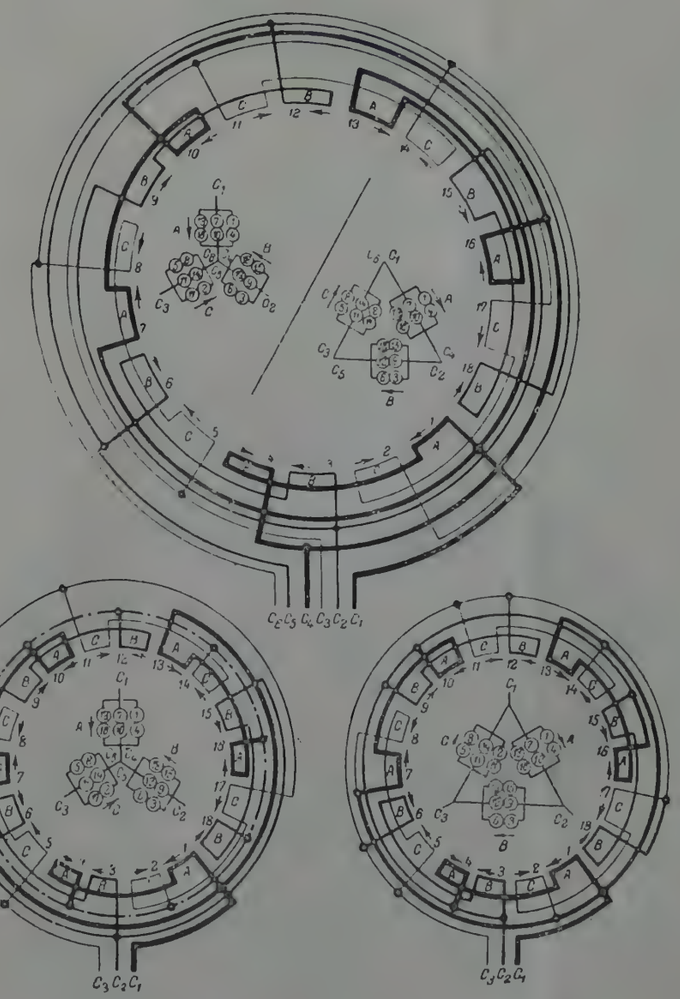


Рис. 3-49. Упрощенная круговая схема № 8 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 6$, $a = 3$.

Соединения в фазах A	Соединения в фазах B	Соединения в фазах C	Фазы	Сопряжения фаз Y/Δ 6 выводов	Сопряжения фаз Y 3 вывода	Сопряжения фаз Δ 3 вывода
$H_1K_1 \to K_4H_4$ } параллельно $H_7K_7 \to K_{10}H_{10}$ $H_{13}K_{13} \to K_{16}H_{16}$	$H_3K_3 \to K_6H_6$ } параллельно $H_9K_9 \to K_{12}H_{12}$ $H_{15}K_{15} \to K_{18}H_{18}$	$H_5K_5 \to K_8H_8$ } параллельно $H_{11}K_{11} \to K_{14}H_{14}$ $H_{17}K_{17} \to K_2H_2$	A	$C_1 \to H_1 \to H_7 \to H_{13}$ $C_4 \to H_4 \to H_{10} \to H_{16}$	$C_1 \to H_1 \to H_7 \to H_{13}$	$C_1 \to H_1 \to H_7 \to H_{13} \to H_5 \to H_{11} \to H_2$
			B	$C_2 \to H_3 \to H_9 \to H_{15}$ $C_5 \to H_6 \to H_{12} \to H_{18}$	$C_2 \to H_3 \to H_9 \to H_{15}$	$C_2 \to H_3 \to H_9 \to H_{15} \to H_4 \to H_{10} \to H_{16}$
			C	$C_3 \to H_5 \to H_{11} \to H_{17}$ $C_6 \to H_8 \to H_{14} \to H_2$	$C_3 \to H_5 \to H_{11} \to H_{17}$	$C_3 \to H_5 \to H_{13} \to H_{17} \to H_6 \to H_{12} \to H_{18}$
			Нулевая точка		$H_{12} \to H_{10} \to H_{16} \to H_8 \to H_{14} \to H_2$	

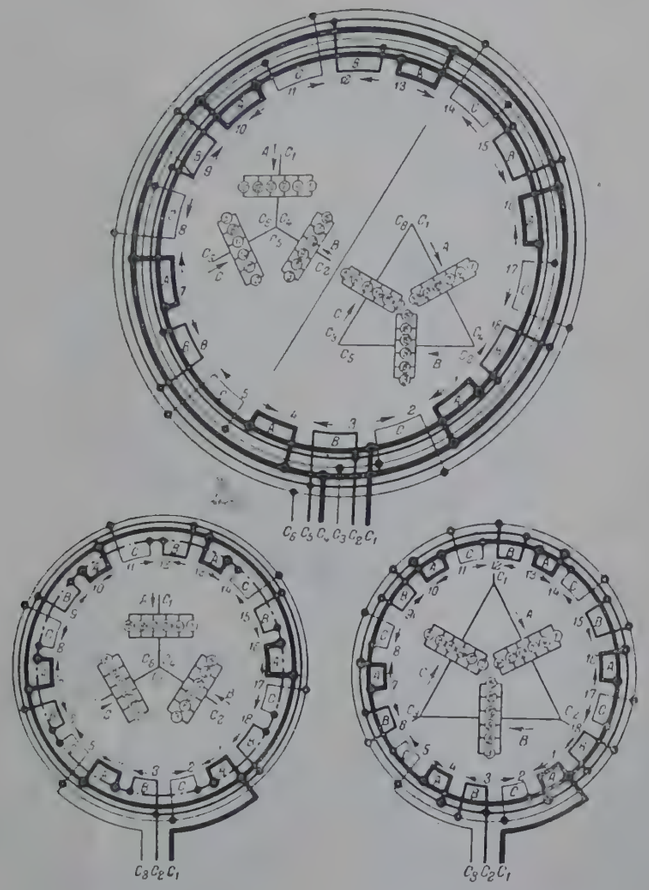


Рис. 3-50. Упрощенная круговая схема № 9 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 6$, $a = 6$.

Соединения в фазах			Фазы	Сопряжения фаз		
A	B	C		Y 6 выводов	Y 3 вывода	Δ 3 вывода
H_1K_1 K_4H_4 H_7K_7 $K_{10}H_{10}$ $H_{13}K_{13}$ $K_{16}H_{16}$ — параллельно	H_2K_2 K_5H_5 H_8K_8 $K_{11}H_{11}$ $H_{14}K_{14}$ $K_{17}H_{17}$ — параллельно	H_3K_3 K_6H_6 H_9K_9 $K_{12}H_{12}$ $H_{15}K_{15}$ $K_{18}H_{18}$ — параллельно	A	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10} \to H_{13} \to K_{16} \to H_2$ $C_4 \to K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10} \to K_{13} \to H_{16}$	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10} \to H_{13} \to K_{16} \to H_2$	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10} \to H_{13} \to K_{16} \to H_2$
			B	$C_2 \to H_3 \to K_6 \to H_9 \to K_{12} \to H_{15} \to K_{18}$ $C_5 \to K_3 \to H_6 \to K_9 \to H_{12} \to K_{15} \to H_{18}$	$C_2 \to H_3 \to K_6 \to H_9 \to K_{12} \to H_{15} \to K_{18}$	$C_2 \to H_3 \to K_6 \to H_9 \to K_{12} \to H_{15} \to K_{18} \to K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10} \to K_{13} \to H_{16}$
			C	$H_3 \to H_5 \to K_8 \to H_{11} \to K_{14} \to H_{17} \to K_2$ $C_6 \to K_5 \to H_8 \to K_{11} \to H_{14} \to K_{17} \to H_5$	$C_3 \to H_5 \to K_8 \to H_{11} \to K_{14} \to H_{17} \to K_2$	$C_3 \to H_5 \to K_8 \to H_{11} \to K_{14} \to H_{17} \to K_2 \to K_3 \to H_6 \to K_9 \to H_{12} \to K_{15} \to H_{18}$
			Нулевая точка		$K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10} \to K_{13} \to H_{16} \to K_2 \to H_6 \to K_9 \to H_{12} \to K_{15} \to H_{18} \to K_3 \to H_6 \to K_{11} \to H_{14} \to K_{17} \to H_2$	

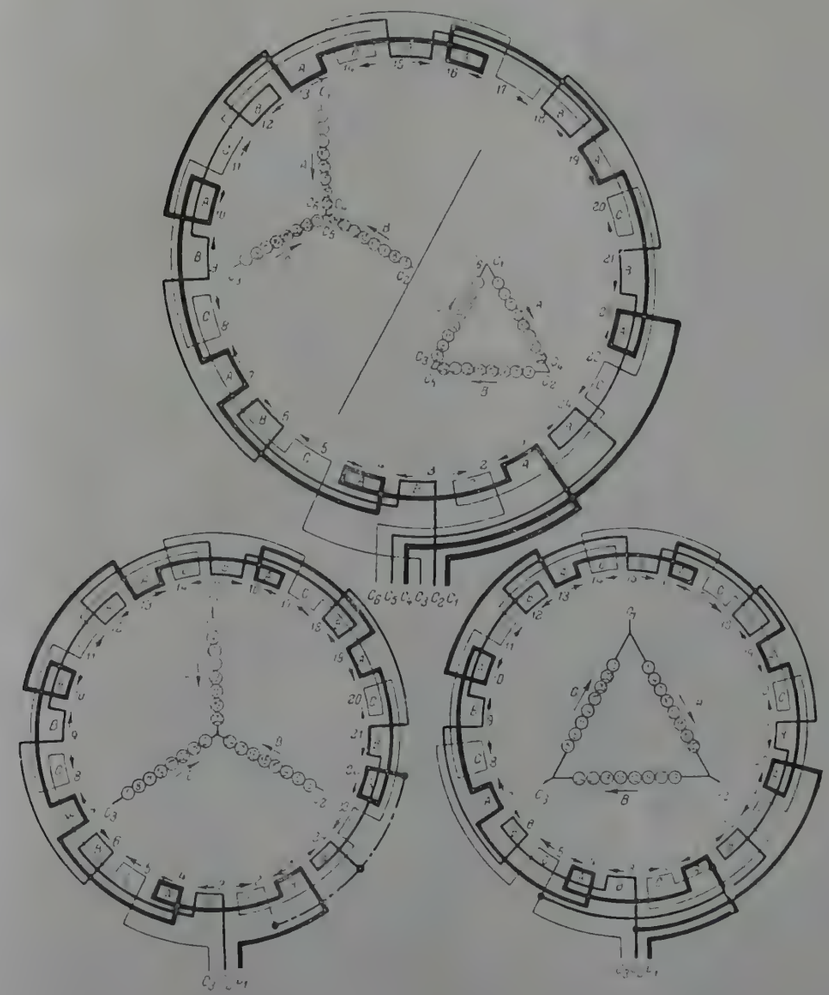


Рис. 3-51. Упрощенная круговая схема № 10 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 8$, $a = 1$.

Соединения в фазах			Фазы	Сопряжения фаз		
A	B	C		Y 6 выводов	Y 3 вывода	Δ 3 вывода
$H_1K_1 \to K_4H_4 \to H_7K_7 \to K_{10}H_{10} \to H_{13}K_{13} \to K_{16}H_{16} \to H_{19}K_{19} \to K_{22}H_{22}$	$H_2K_2 \to K_5H_5 \to H_8K_8 \to K_{11}H_{11} \to K_{14}H_{14} \to K_{17}H_{17} \to K_{20}H_{20} \to K_{23}H_{23}$	$H_3K_3 \to K_6H_6 \to H_9K_9 \to H_{12}K_{12} \to H_{15}K_{15} \to H_{18}K_{18} \to H_{21}K_{21} \to K_{24}H_{24}$	A	$C_1 - H_1$ $C_4 - H_{25}$	$C_1 \to H_1$	$C_4 \to H_{25} \to H_2$
			B	$C_2 \to H_2$ $C_5 \to H_{26}$	$C_2 \to H_2$	$C_5 \to H_{26} \to H_{27}$
			C	$C_3 \to H_3$ $C_6 \to H_{27}$	$C_3 \to H_3$	$C_6 \to H_{27} \to H_{28}$
			Нулевая точка		$H_{25} \to H_{26} \to H_{27}$	

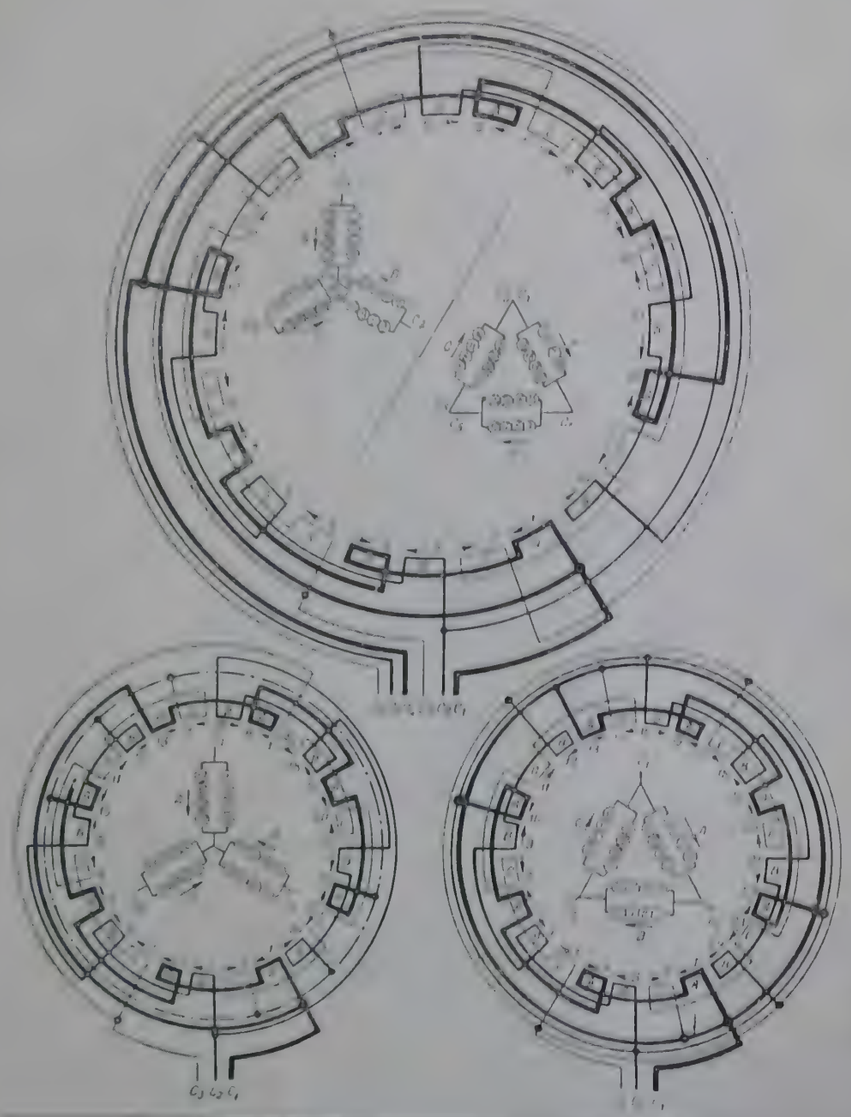
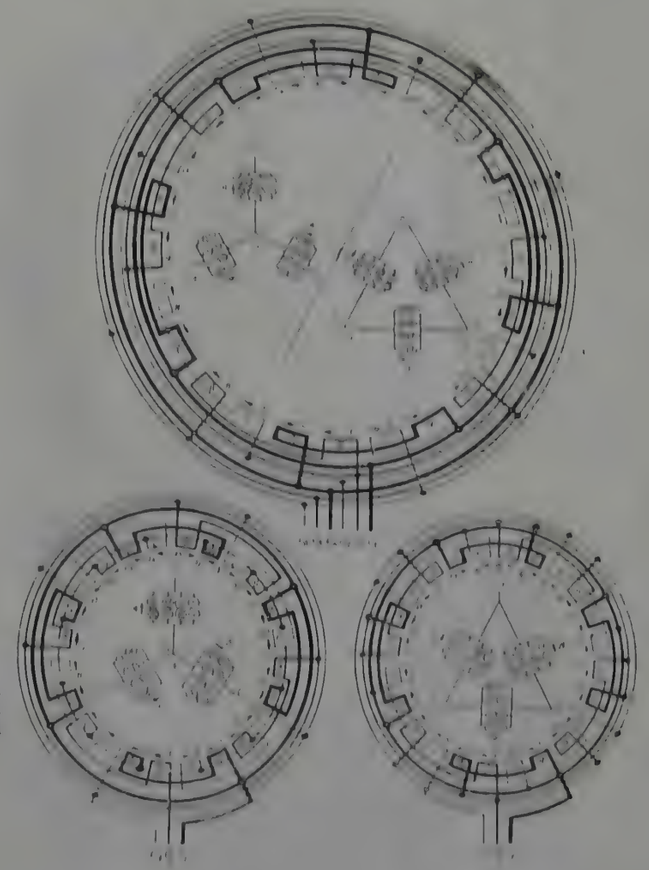


Рис. 3.52. Упрощенная круговая схема № 11 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 8$, $a = 2$.

Соединения в фазы						Фазы	Сопряжение фаз		
A		B		C			X/ 6 выводов	A 3 вывода	C 3 вывода
$H_1K_1 \to K_4H_4 \to H_5K_5 \to K_8H_8$	параллельно	$H_9K_9 \to K_{12}H_{12} \to H_{13}K_{13} \to K_{16}H_{16}$	параллельно	$H_{17}K_{17} \to K_{20}H_{20} \to H_{21}K_{21} \to K_{24}H_{24}$	параллельно	A	$C_1 \to H_1 \to H_{14}$ $C_2 \to H_{10} \to H_{23}$	$C_4 \to H_5 \to H_{18}$ $\to H_{14} \to H_6$	
$H_{25}K_{25} \to K_{28}H_{28} \to H_{29}K_{29} \to K_{32}H_{32}$		$H_{33}K_{33} \to K_{36}H_{36} \to H_{37}K_{37} \to K_{40}H_{40}$		$H_{41}K_{41} \to K_{44}H_{44} \to H_{45}K_{45} \to K_{48}H_{48}$		B	$C_3 \to H_9 \to H_{10}$ $C_4 \to H_{15} \to H_{24}$	$C_5 \to H_{11} \to H_{19}$ $\to H_{19} \to H_{20}$	
						C	$C_5 \to H_{13} \to H_{22}$ $C_6 \to H_{18} \to H_5$	$C_6 \to H_{15} \to H_{23}$ $\to H_{23} \to H_{24}$	
						Нулевая точка		$H_{16} \to H_{17} \to H_{19} \to$ $\to H_{21} \to H_{22} \to H_9$	

Рис. 3.53. Упрощенная круговая схема № 12 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 8$, $a = 4$.



Соединения в фазы						Фазы	Сопряжение фаз		
A		B		C			X/A 6 выводов	A 3 вывода	C 3 вывода
$H_1K_1 \to K_4H_4$ $H_1K_7 \to K_{10}H_{10}$ $H_{13}K_{13} \to K_{16}H_{16}$ $H_{19}K_{19} \to K_{22}H_{22}$	параллельно	$H_7K_7 \to K_{10}H_{10}$ $H_7K_8 \to K_{11}H_{11}$ $H_{13}K_{14} \to K_{16}H_{16}$ $H_{19}K_{20} \to K_{23}H_{23}$	параллельно	$H_7K_7 \to K_{10}H_{10}$ $H_{13}K_{13} \to K_{16}H_{16}$ $H_{19}K_{19} \to K_{22}H_{22}$ $H_{25}K_{25} \to K_3H_3$	параллельно	A	$C_1 \to H_1 \to H_{14} \to$ $\to H_{14} \to H_{15}$ $C_2 \to H_{15} \to H_{24}$ $\to H_{24} \to H_{23}$	$C_4 \to H_5 \to H_6 \to$ $\to H_{16} \to H_{17}$	$C_3 \to H_3 \to H_4 \to H_{13} \to$ $\to H_{13} \to H_{12} \to H_{11} \to$ $\to H_{11} \to H_2$
						B	$C_3 \to H_9 \to H_{10} \to$ $\to H_{10} \to H_{11}$ $C_4 \to H_{17} \to H_{18} \to$ $\to H_{18} \to H_{19}$	$C_5 \to H_7 \to H_8 \to$ $\to H_{18} \to H_{19}$	$C_5 \to H_{11} \to H_{12} \to H_{21} \to$ $\to H_{21} \to H_{20} \to H_{19} \to$ $\to H_{19} \to H_{18}$
						C	$C_5 \to H_{13} \to H_{14} \to$ $\to H_{14} \to H_{15}$ $C_6 \to H_{21} \to H_{22} \to$ $\to H_{22} \to H_{23}$	$C_6 \to H_{15} \to H_{16} \to$ $\to H_{16} \to H_{17}$	$C_7 \to H_{17} \to H_{16} \to H_{25} \to$ $\to H_{25} \to H_{24} \to H_{23} \to$ $\to H_{23} \to H_{22}$
						Нулевая точка		$H_1 \to H_{20} \to H_{21} \to$ $\to H_{21} \to H_8 \to H_{17} \to$ $\to H_{17} \to H_{16} \to H_{15} \to$ $\to H_{15} \to H_{10} \to H_9$	

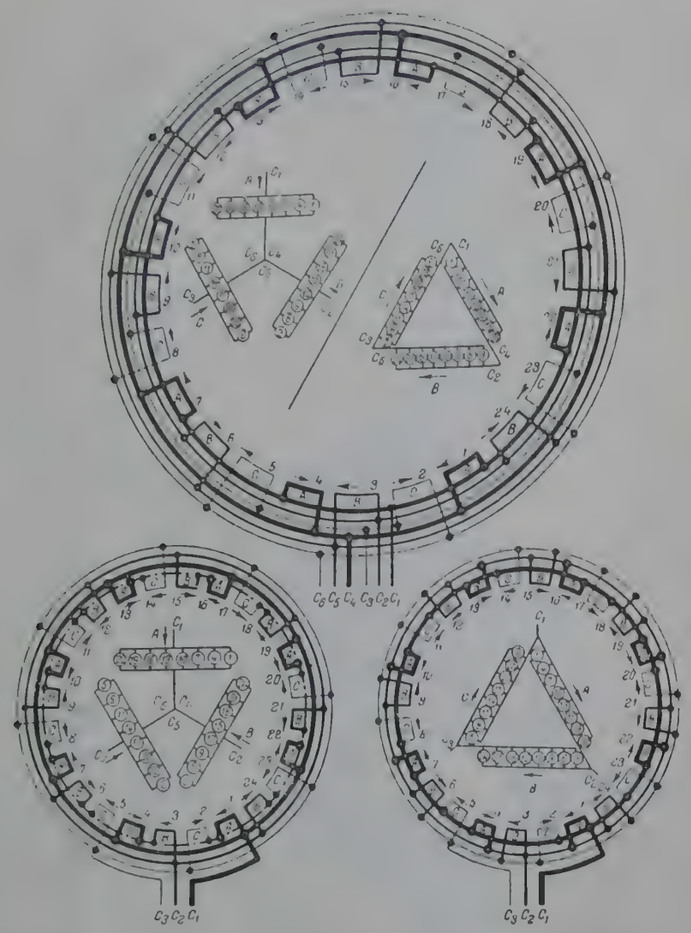


Рис. 3-54. Упрощенная круговая схема № 13 двухслойной обмотки электродвигателя при $2p = 8$, $a = 8$.

Сопряжения в фазах				Фаза	Сопряжения фаз		
A	B	C			Δ 6 выводов	Δ 3 вывода	Δ 3 вывода
H_1K_1 [illegible] H_7K_7 $K_{10}H_{10}$ $H_{13}K$ $K_{16}H_{16}$ [illegible] [illegible] параллельно	H_3K_3 K_6H_6 H_9K_9 $K_{12}H_{12}$ $H_{15}K_{15}$ $K_{18}H_{18}$ $H_{21}K_{21}$ $K_{24}H_{24}$ параллельно	H_5K_5 K_8H_8 $H_{11}K_{11}$ $K_{14}H_{14}$ $H_{17}K_{17}$ $K_{20}H_{20}$ $H_{23}K_{23}$ K_2H_2 параллельно	A	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10} \to$ $\to H_{13} \to K_{16} \to H_{19} \to K_{22}$ $C_4 \to K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10} \to$ $\to K_{13} \to H_{16} \to K_{19} \to H_{22}$	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10} \to$ $\to H_{13} \to K_{16} \to H_{19} \to K_{22}$	$C_1 \to H_1 \to K_4 \to H_7 \to K_{10} \to$ $\to H_{13} \to K_{16} \to H_{19} \to K_{22} \to$ $\to K_5 \to H_8 \to H_{14} \to K_{17} \to$ $\to H_{20} \to K_{23} \to H_2$
			B	$C_2 \to H_3 \to K_6 \to H_9 \to K_{12} \to$ $\to H_{15} \to K_{18} \to H_{21} \to K_{24}$ $C_5 \to K_3 \to H_6 \to K_9 \to H_{12} \to$ $\to K_{15} \to H_{18} \to K_{21} \to H_{24}$	$C_2 \to H_3 \to K_6 \to H_9 \to K_{12} \to$ $\to H_{15} \to K_{18} \to H_{21} \to K_{24}$	$C_2 \to H_3 \to K_6 \to H_9 \to K_{12} \to$ $\to H_{15} \to K_{18} \to H_{21} \to K_{24} \to$ $\to K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10} \to$ $\to K_{13} \to H_{16} \to K_{19} \to H_{22}$
			C	$C_3 \to H_5 \to K_8 \to H_{11} \to K_{14} \to$ $\to H_{17} \to K_{20} \to H_{23} \to K_2$ $C_6 \to K_5 \to H_8 \to K_{11} \to H_{14} \to$ $\to K_{17} \to H_{20} \to K_{23} \to H_2$	$C_3 \to H_5 \to K_8 \to H_{11} \to K_{14} \to$ $\to H_{17} \to K_{20} \to H_{23} \to K_2$	$C_3 \to H_5 \to K_8 \to H_{11} \to K_{14} \to$ $\to H_{17} \to K_{20} \to H_{23} \to K_2 \to$ $\to H_6 \to K_9 \to H_{12} \to K_{15} \to$ $\to H_{18} \to K_{21} \to H_{24}$
			Нулевая точка			$K_1 \to H_4 \to K_7 \to H_{10} \to K_{13} \to$ $\to H_{15} \to K_{19} \to H_{22} \to K_2 \to$ $\to H_6 \to K_9 \to H_{12} \to K_{15} \to$ $\to H_{18} \to K_{21} \to H_{24} \to K_5 \to$ $\to H_8 \to K_{11} \to H_{14} \to K_{17} \to$ $\to H_{20} \to K_{23} \to H_2$	

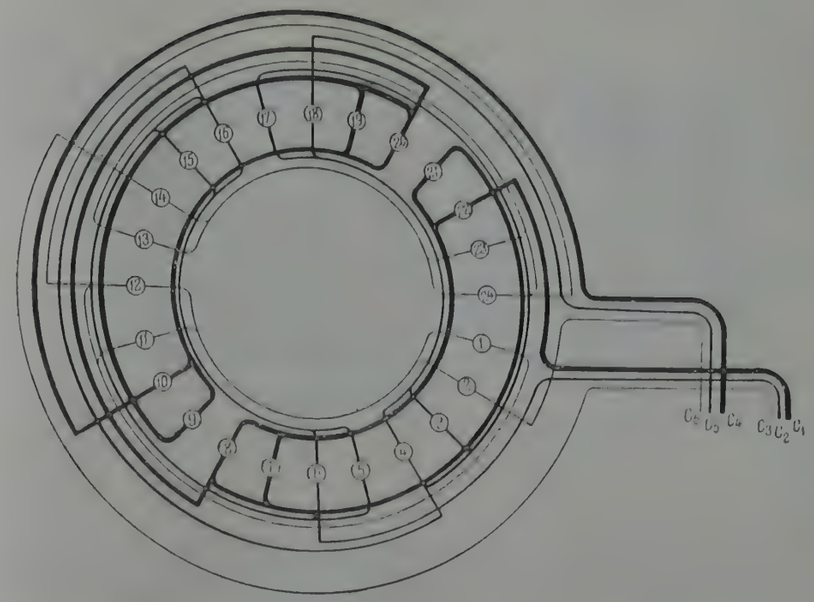


Рис. 3-55. Развернутая круговая схема № 14 однослойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 2$; $z = 24$; $a = 1$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить между собой.

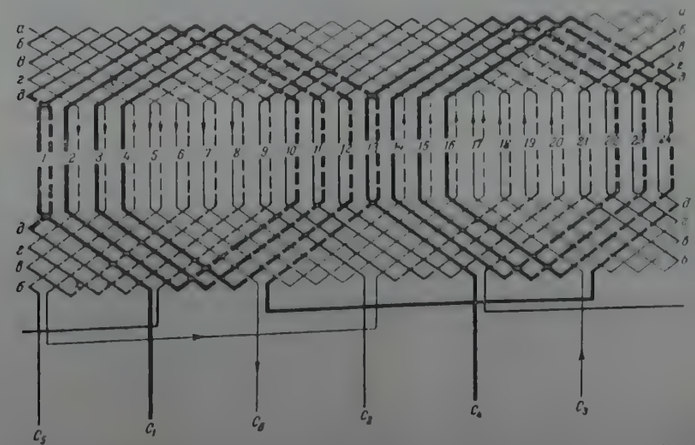


Рис. 3-56. Развернутая схема № 15 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 2$; $a = 1$; $z = 24$; $y = 1—10$. У электродвигателя на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

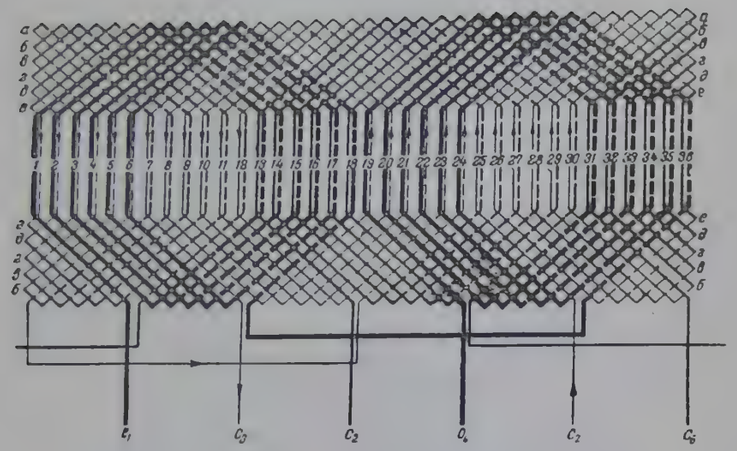


Рис. 3-57. Развернутая схема № 16 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 2$; $a = 1$; $z = 36$; $y = 1 - 13$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

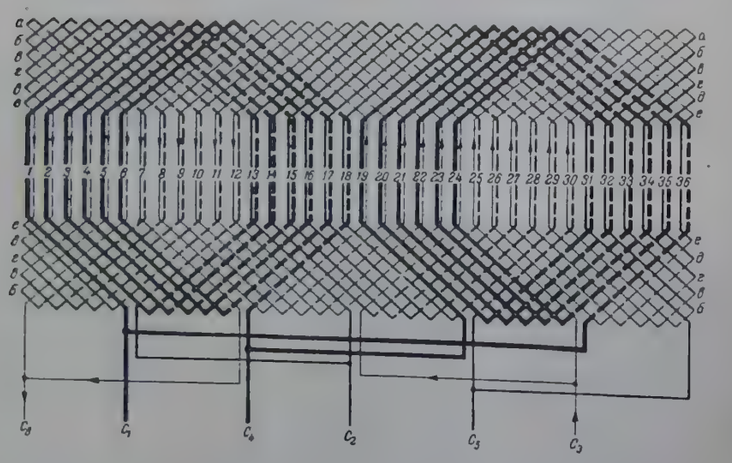


Рис. 3-58. Развернутая схема № 17 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 2$; $a = 2$; $z = 36$; $y = 1 - 13$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

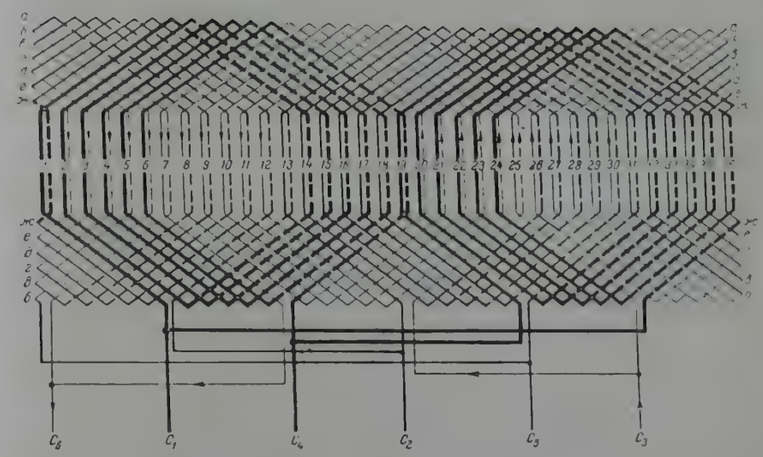


Рис. 3-59. Развернутая схема № 18 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 2$; $a = 2$; $z = 36$; $y = 1 - 14$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

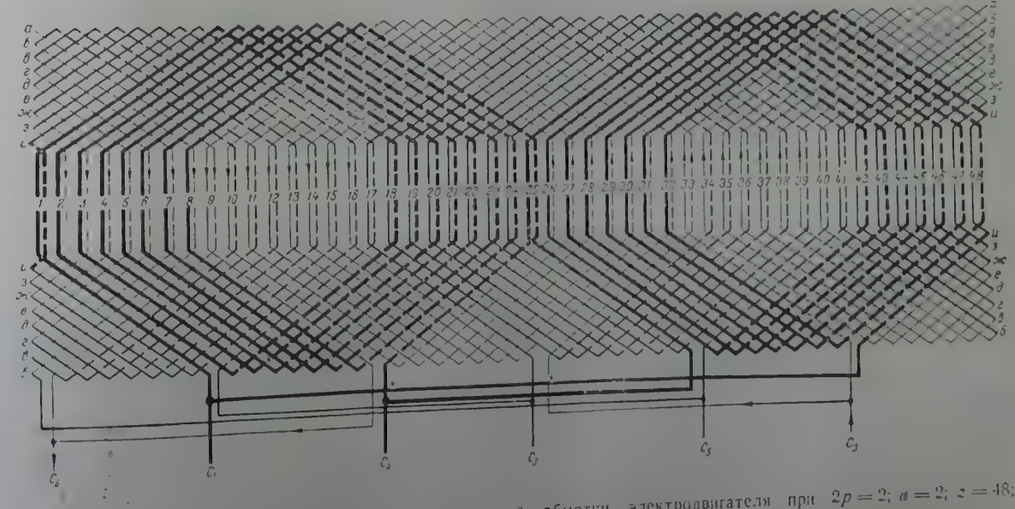


Рис. 3-60. Развернутая схема № 19 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 2$; $a = 2$; $z = 48$; $y = 1 - 18$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

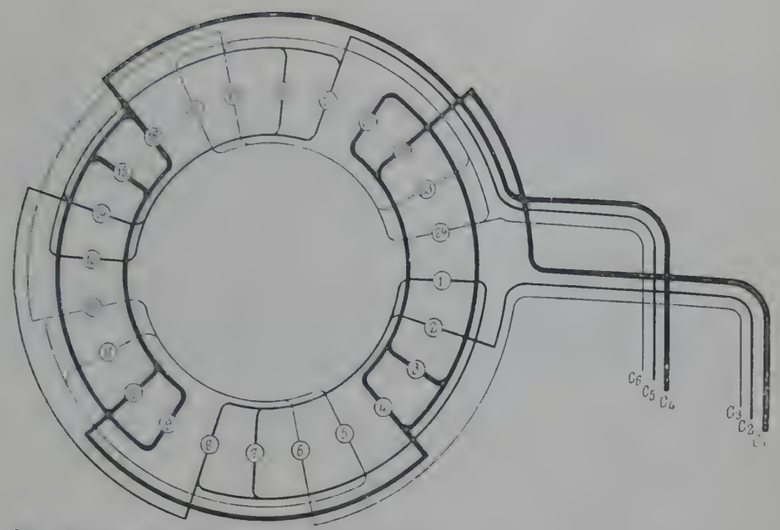


Рис. 3-61. Развернутая круговая схема № 20 однослойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $z = 24$; $a = 1$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы C_4, C_5, C_6 соединить.

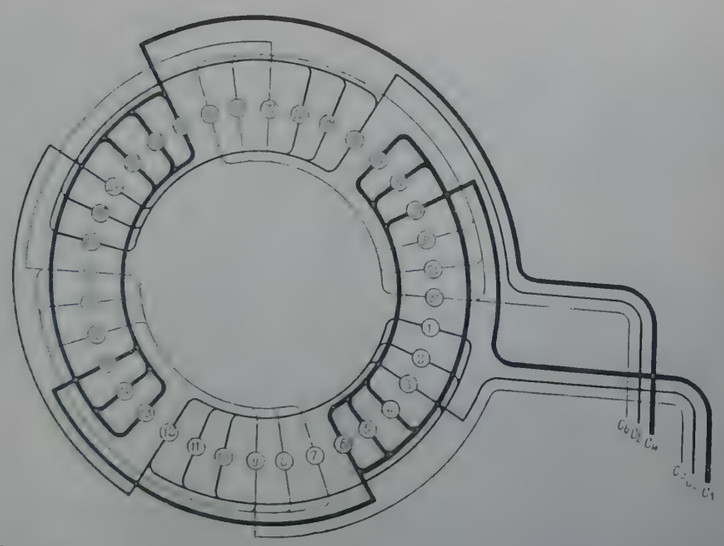


Рис. 3-62. Развернутая круговая схема № 21 однослойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $z = 36$; $a = 1$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

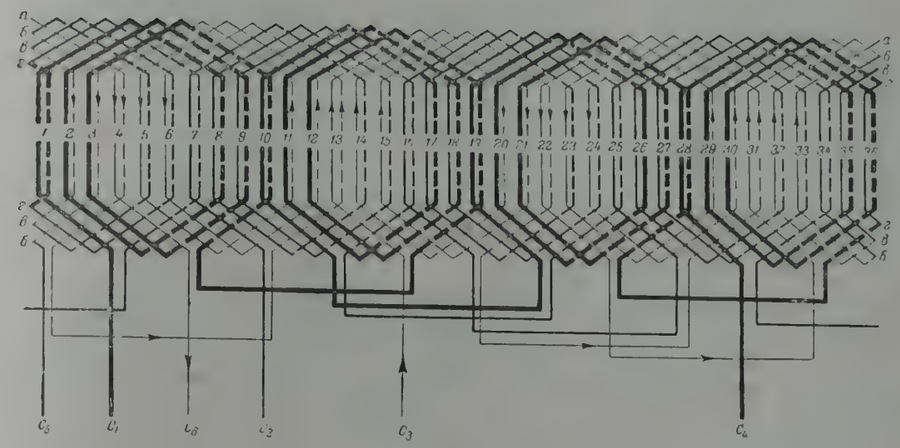


Рис. 3-63. Развернутая схема № 22 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 1$; $z = 36$; $y = 1 - 8$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

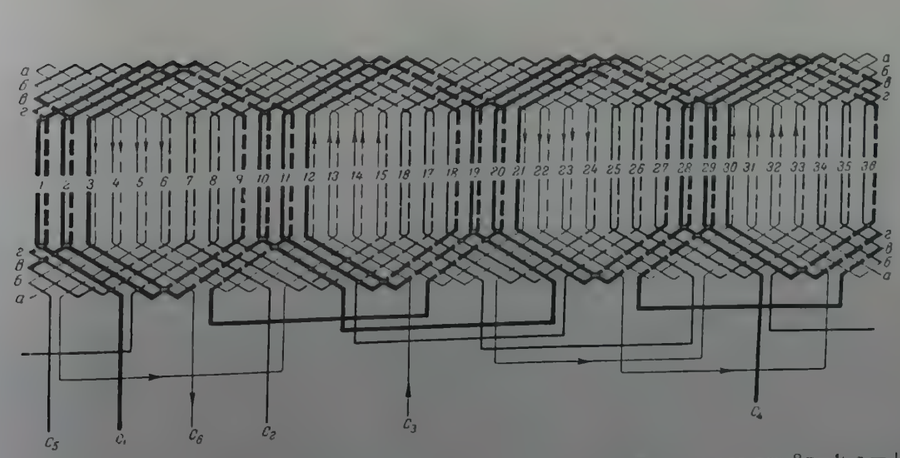


Рис. 3-64. Развернутая схема № 23 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 1$; $z = 36$; $y = 1 - 9$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

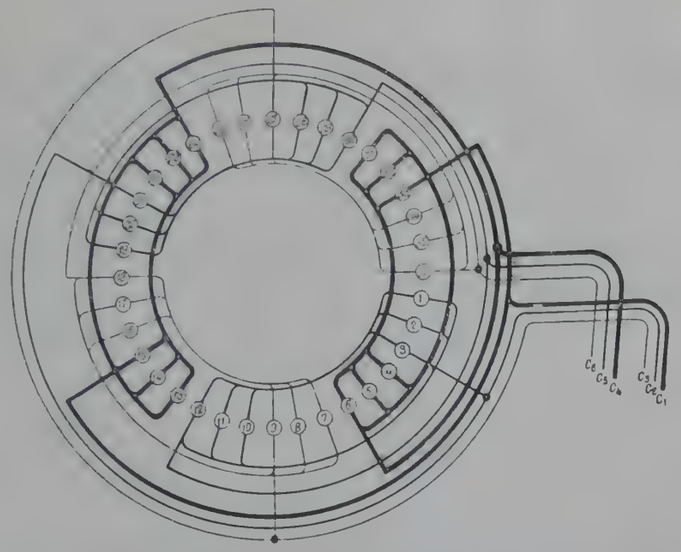


Рис. 3-65. Развернутая круговая схема № 24 однослойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $z = 36$; $a = 2$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

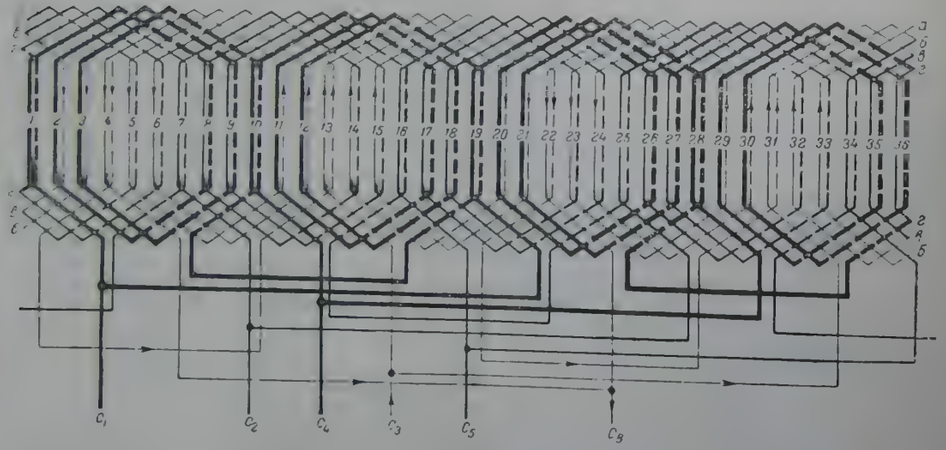


Рис. 3-66. Развернутая схема № 25 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 2$; $z = 36$; $y = 1 - 8$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

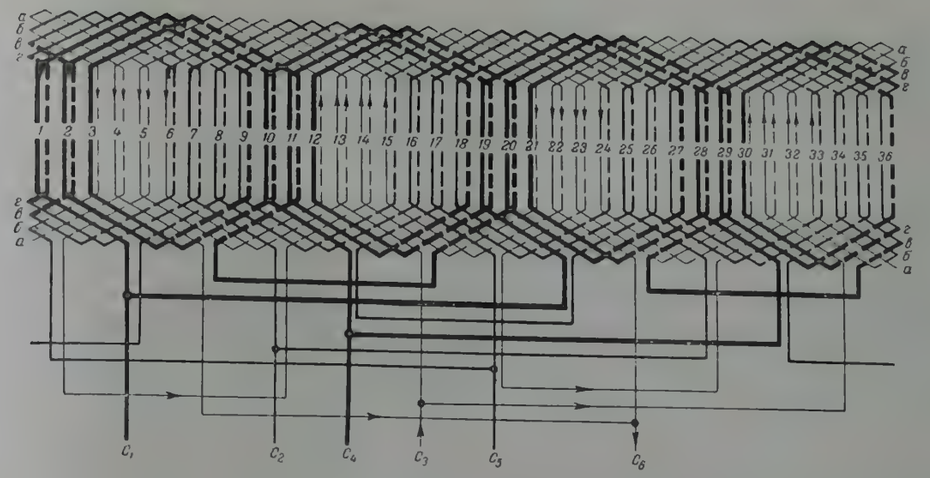


Рис. 3-67. Развернутая схема № 26 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 2$; $z = 36$; $y = 1 - 9$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

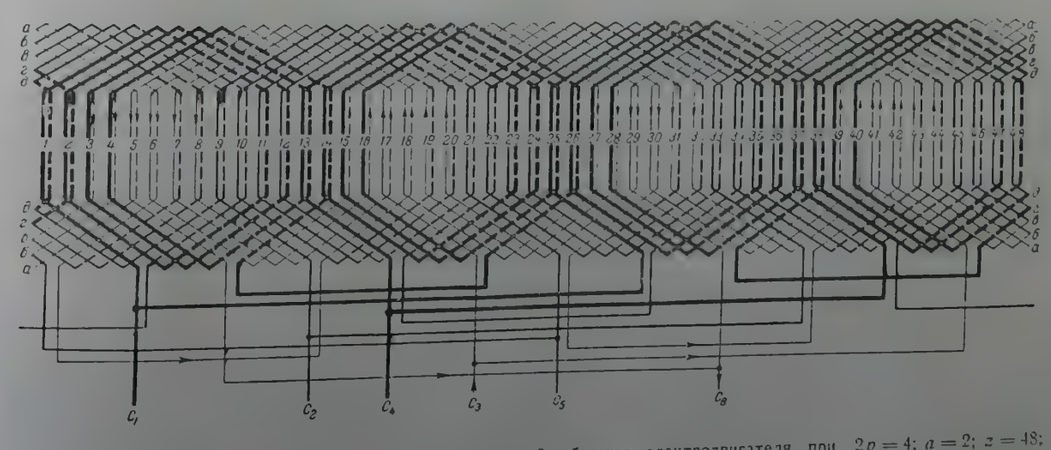


Рис. 3-68. Развернутая схема № 27 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 2$; $z = 48$; $y = 1 - 11$ электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

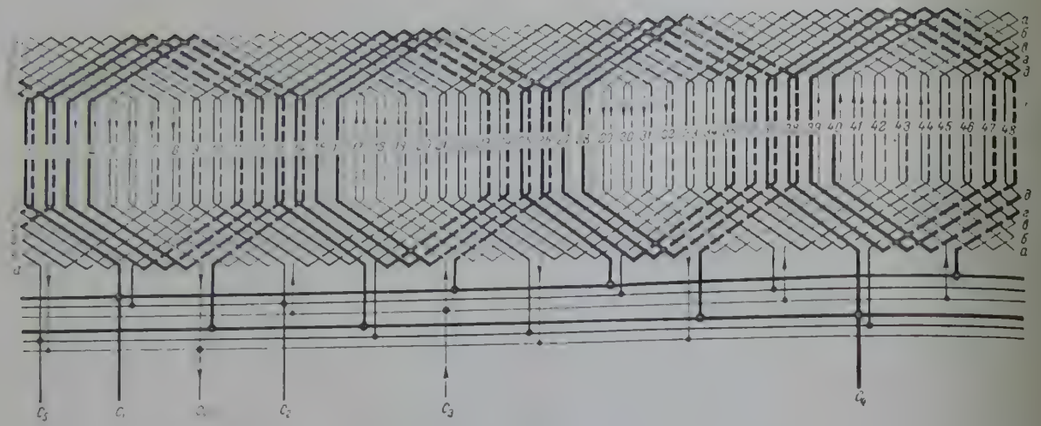


Рис. 3-69. Развернутая схема № 28 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 4$; $z = 48$; $y = 1 — 11$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

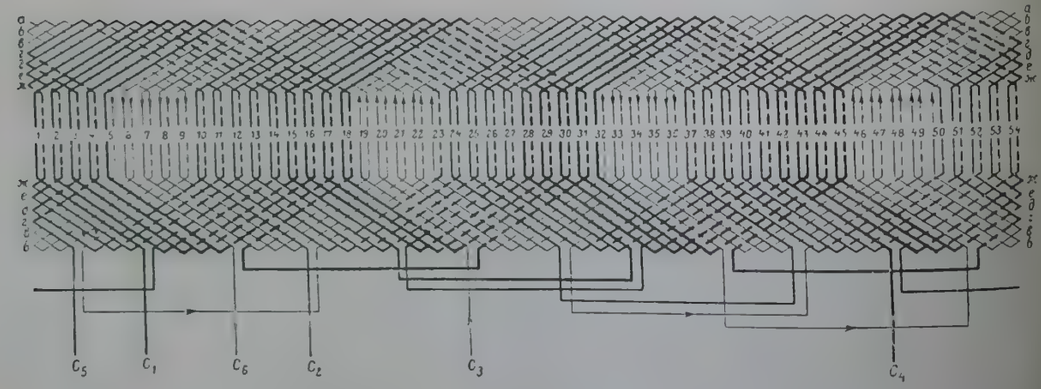


Рис. 3-70. Развернутая схема № 29 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 — 14$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

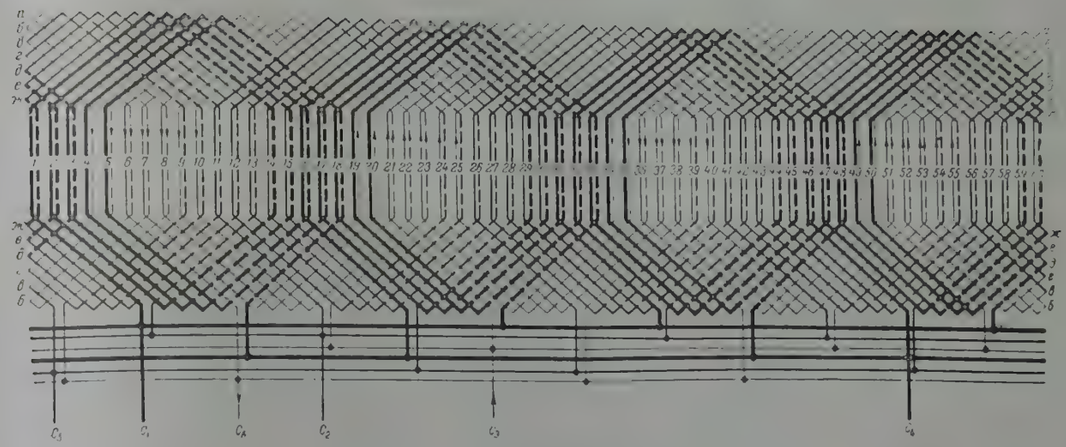


Рис. 3-71. Развернутая схема № 30 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 4$; $z = 60$; $y = 1 — 14$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

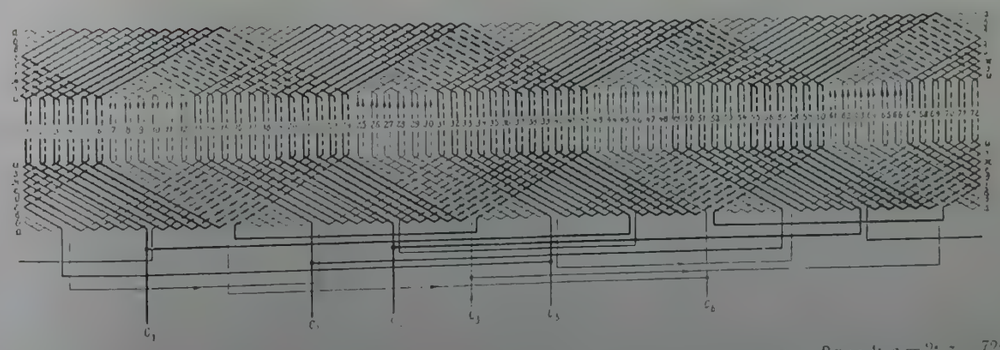


Рис. 3-72. Развернутая схема № 31 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $a = 2$; $z = 72$; $y = 1 — 19$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

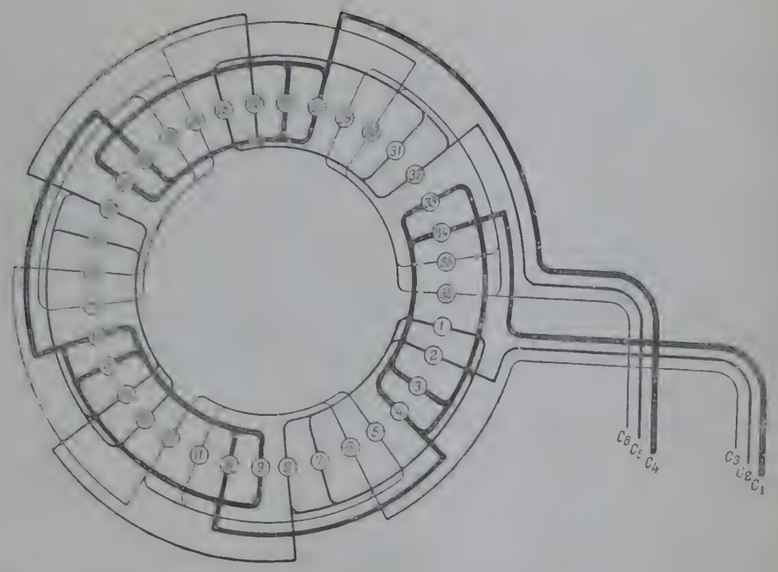


Рис. 3-73. Развернутая круговая схема № 32 однослойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $z = 36$; $a = 1$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

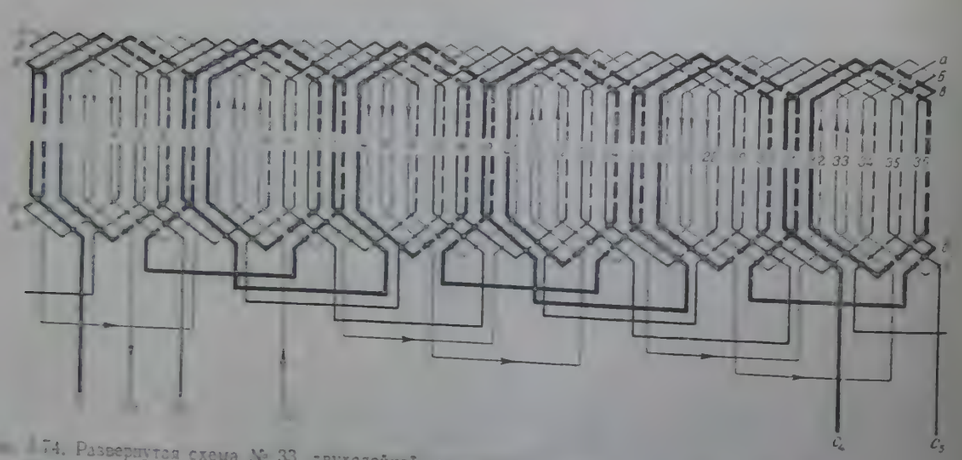


Рис. 3-74. Развернутая схема № 33 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $y = 1 - 6$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

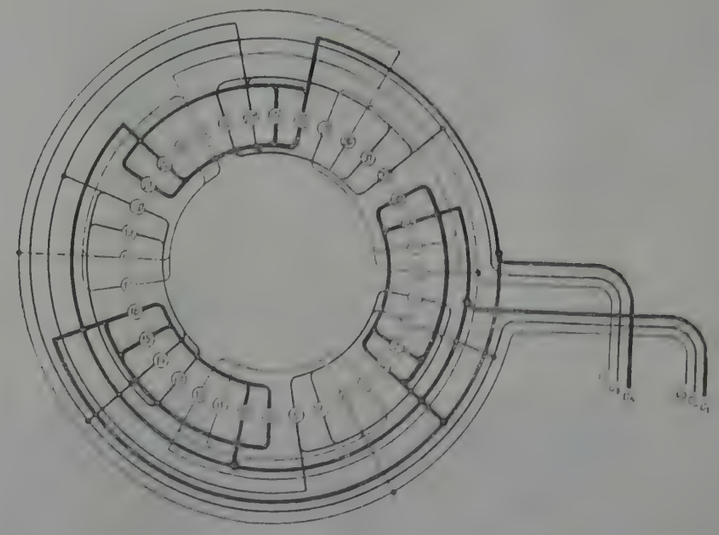


Рис. 3-75. Развернутая круговая схема № 34 однослойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$, $z = 36$; $a = 3$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

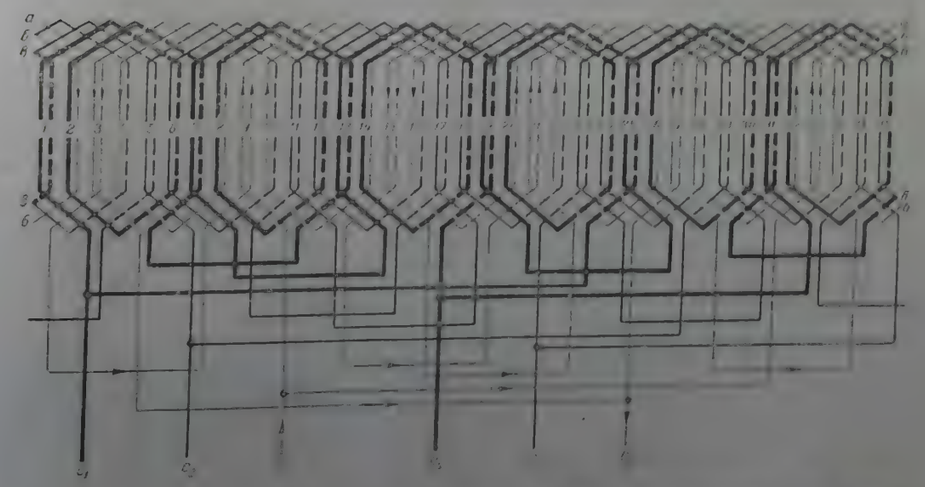


Рис. 3-76. Развернутая схема № 35 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 2$; $y = 1 - 6$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

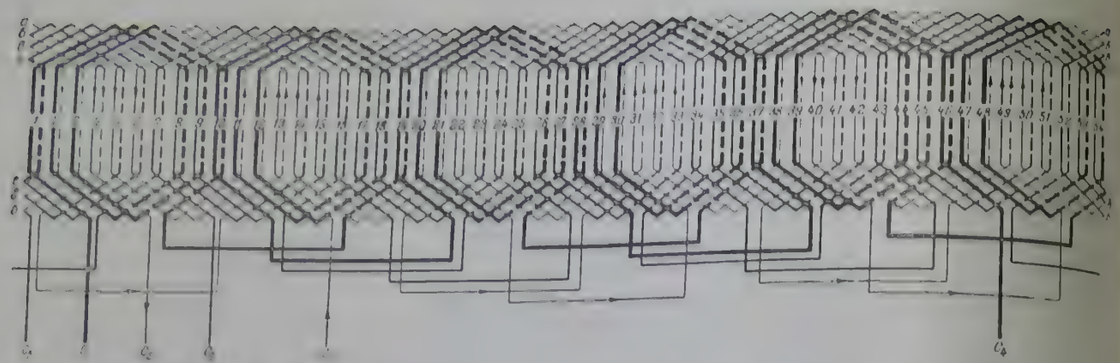


Рис. 3-77. Развернутая схема № 36 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 8$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

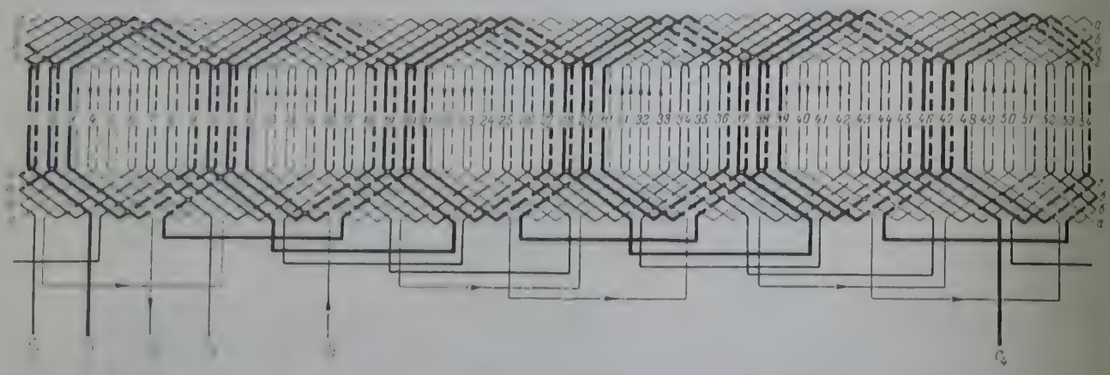


Рис. 3-78. Развернутая схема № 37 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 9$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца фаз C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

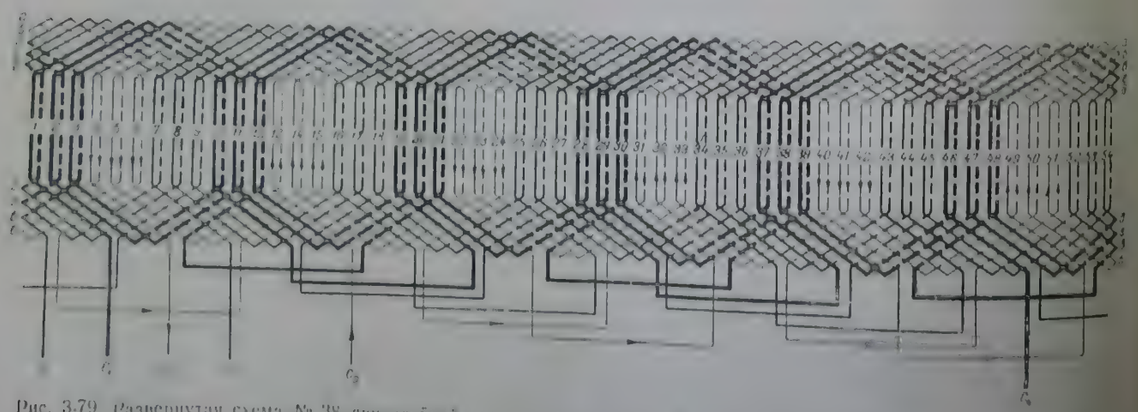


Рис. 3-79. Развернутая схема № 38 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 10$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

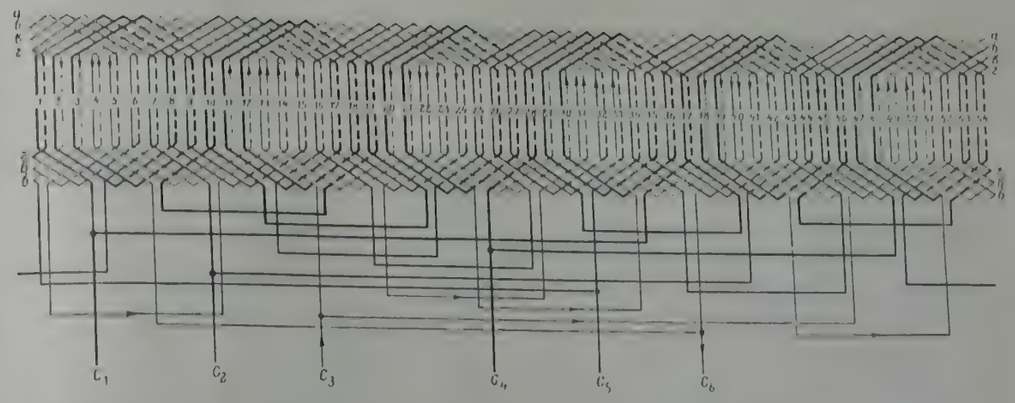


Рис. 3-80. Развернутая схема № 39 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$, $a = 2$; $z = 54$; $y = 1 - 8$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

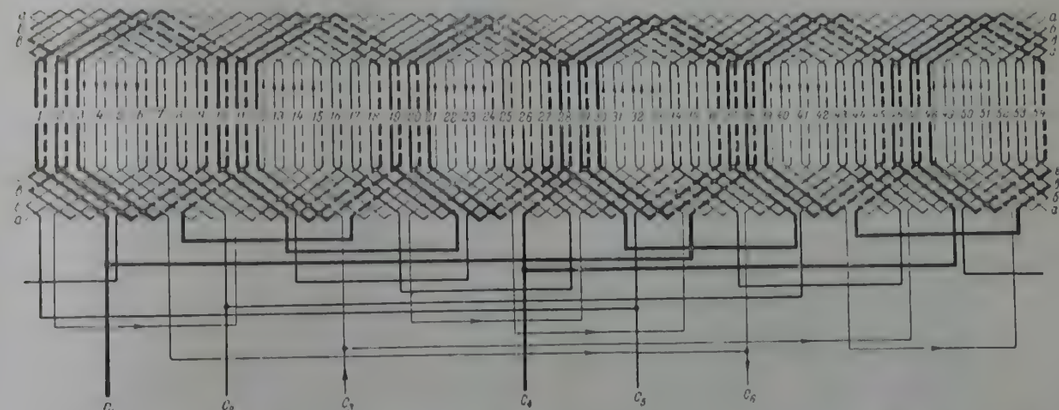


Рис. 3-81. Развернутая схема № 40 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 2$; $z = 54$; $y = 1 - 9$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

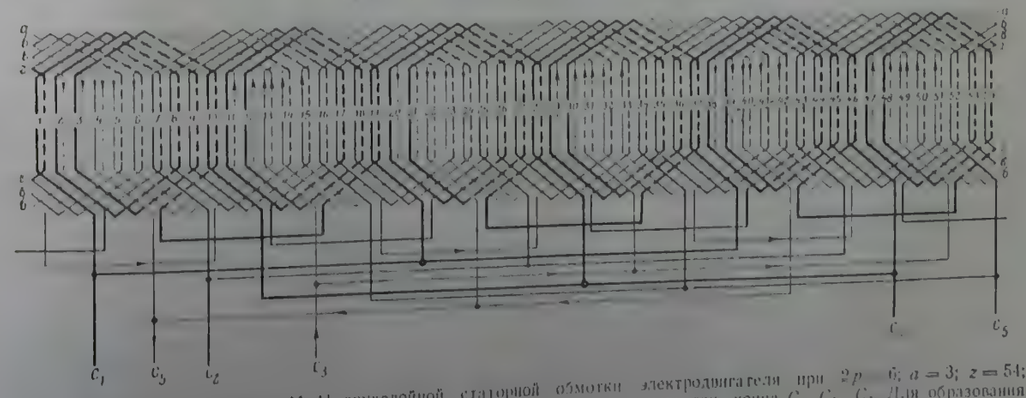


Рис. 3-82. Развернутая схема № 41 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 3$; $z = 54$; $y = 1 - 8$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

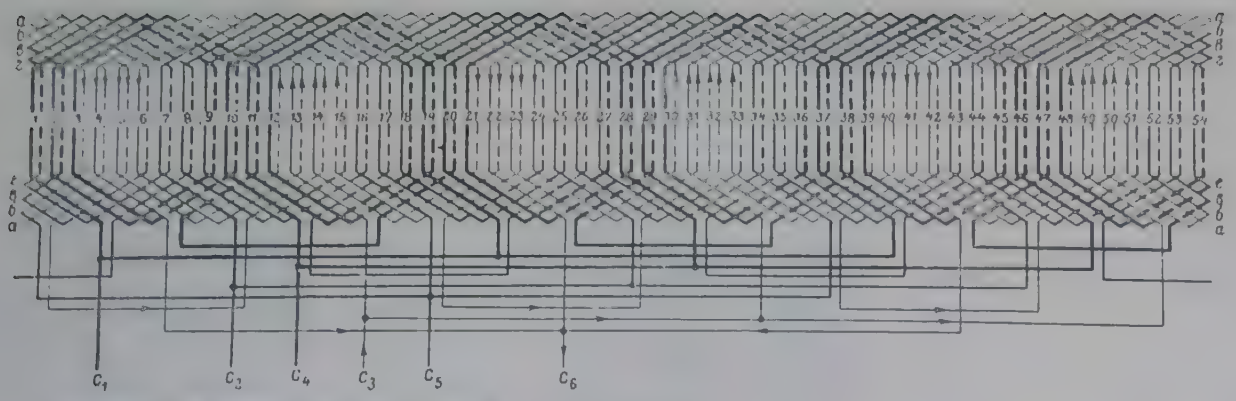


Рис. 3-83. Развернутая схема № 42 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 3$; $z = 54$; $y = 1 - 9$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

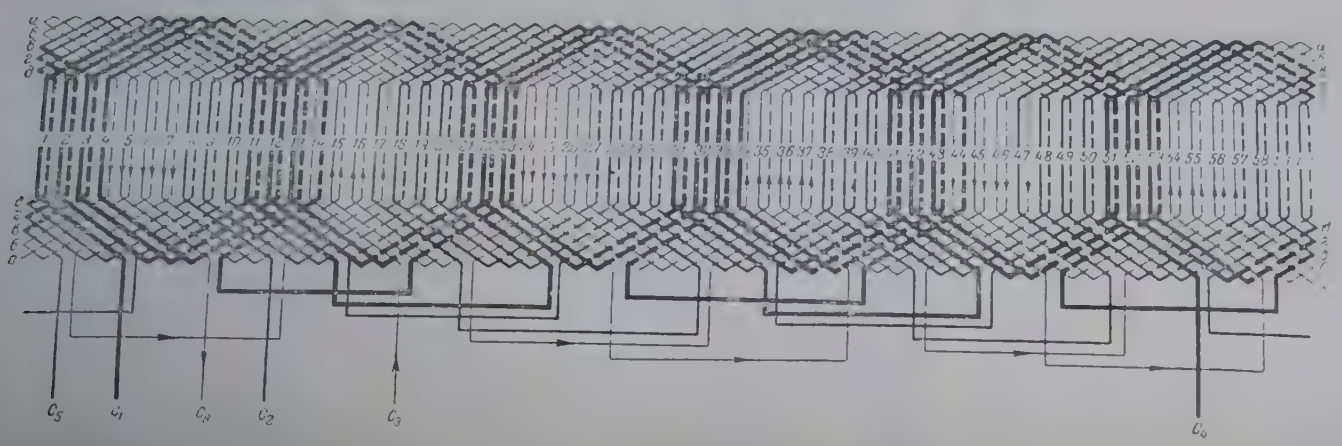


Рис. 3-84. Развернутая схема № 43 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $z = 60$; $y = 1 - 11$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

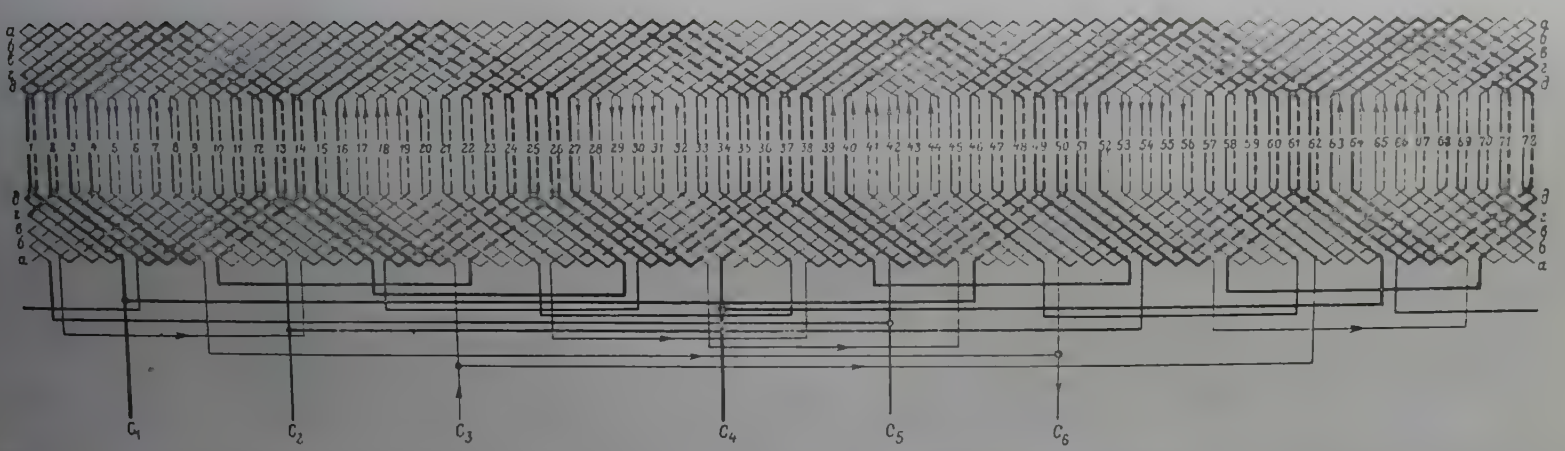


Рис. 3-85. Развернутая схема № 44 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 2$; $z = 72$; $y = 1 - 11$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

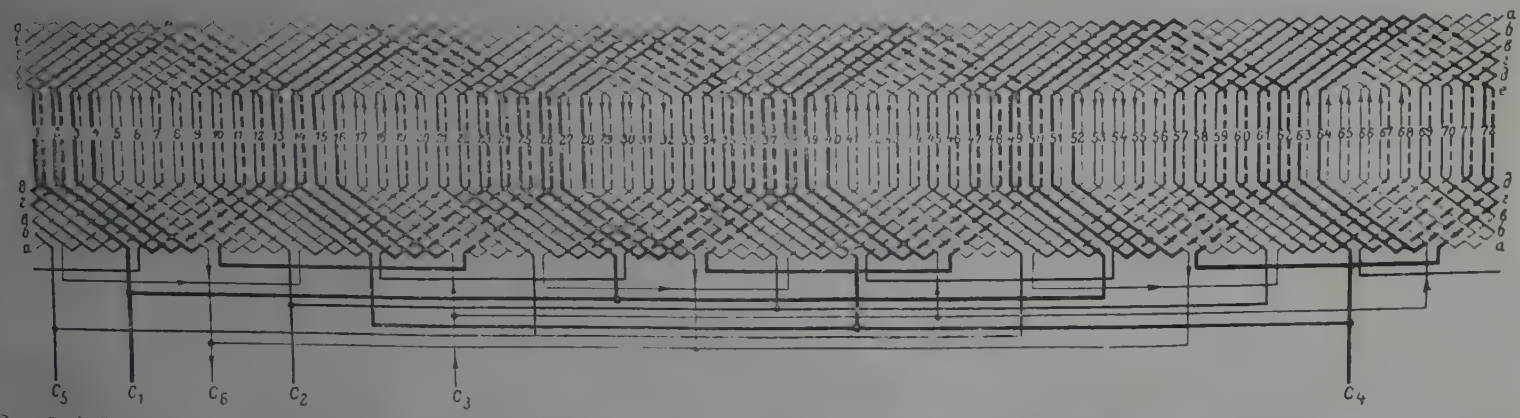


Рис. 3-86. Развернутая схема № 45 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 3$; $z = 72$; $y = 1 - 11$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

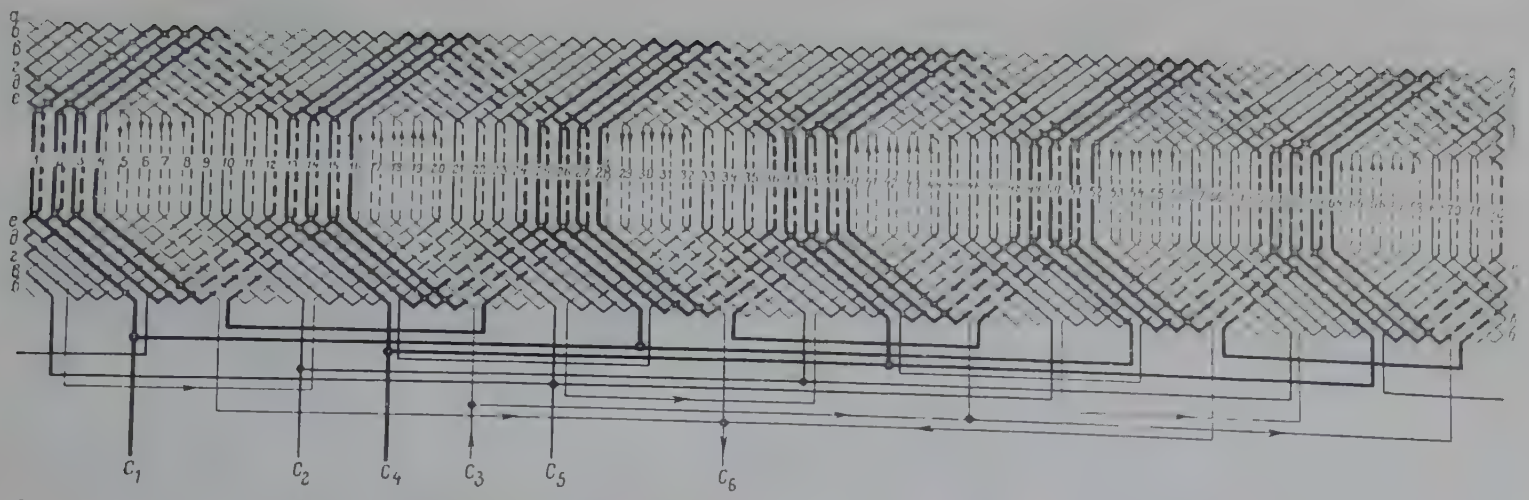


Рис. 3-87 Развернутая схема №16 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 3$; $z = 72$; $y = 1 - 12$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

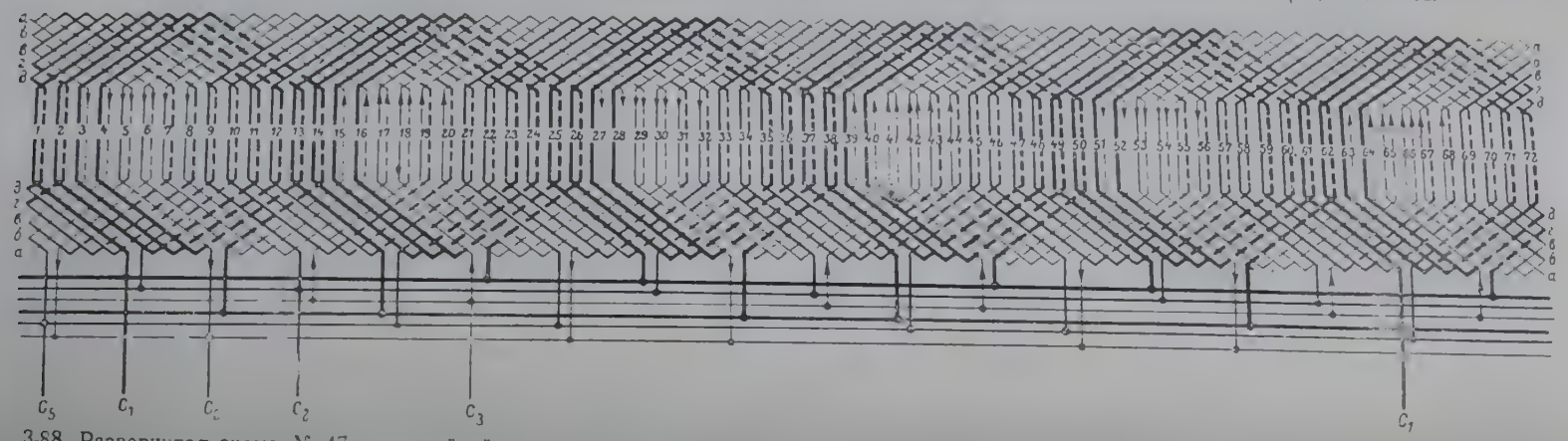


Рис 3-88. Развернутая схема № 47 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 6$; $z = 72$; $y = 1 - 11$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

Рис. 3-89. Развернутая схема № 48 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 6$; $z = 72$; $y = 1 - 12$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

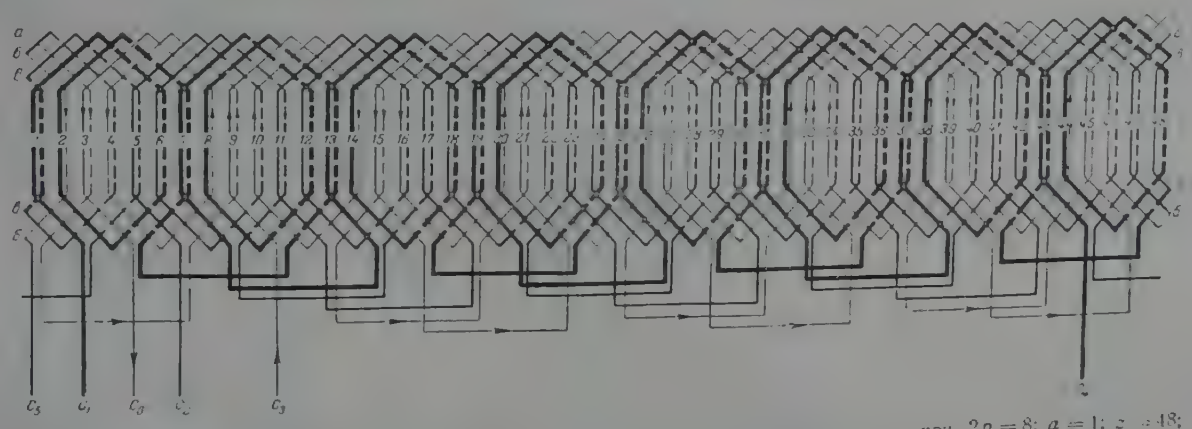


Рис. 3-90. Развернутая схема № 49 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 1$; $z = 48$; $y = 1 - 6$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

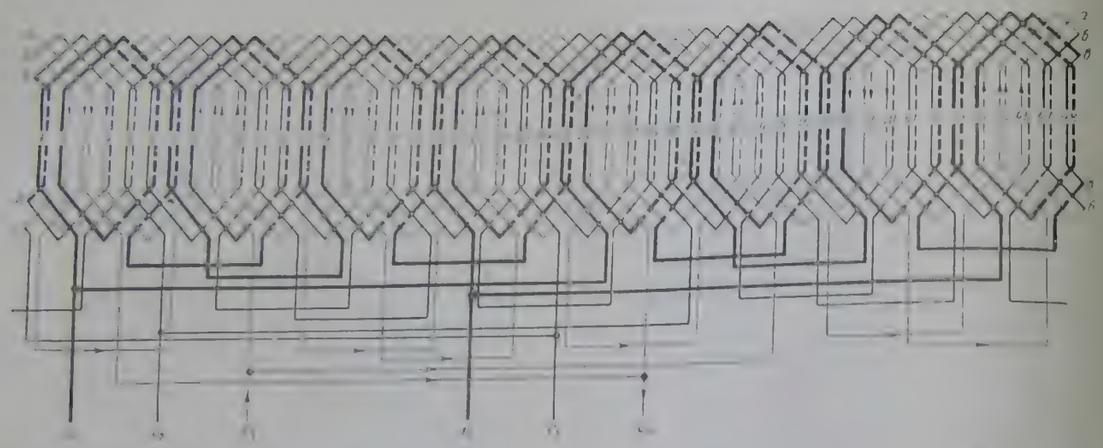


Рис. 3-91. Развернутая схема № 50 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 2$; $z = 48$; $y = 1 - 6$. У электродвигателей на напряжение 500 в выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

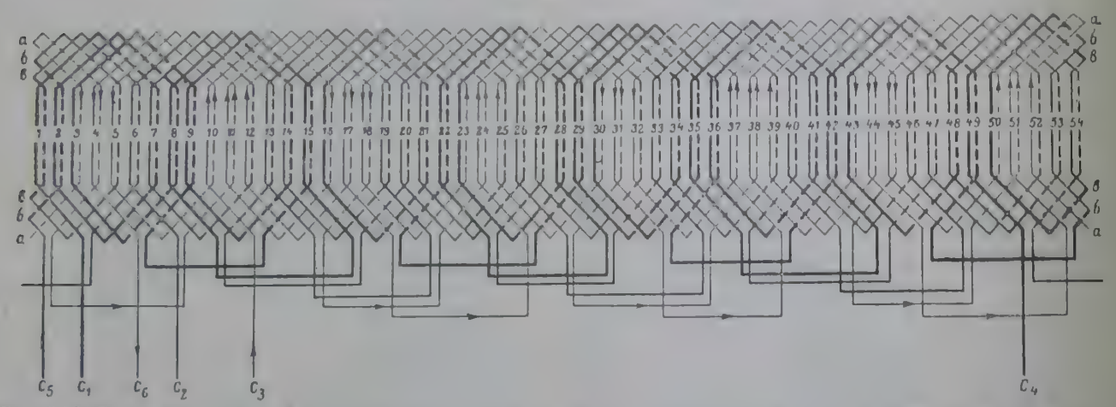


Рис. 3-92. Развернутая схема № 51 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 7$. У электродвигателей на напряжение 500 в выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

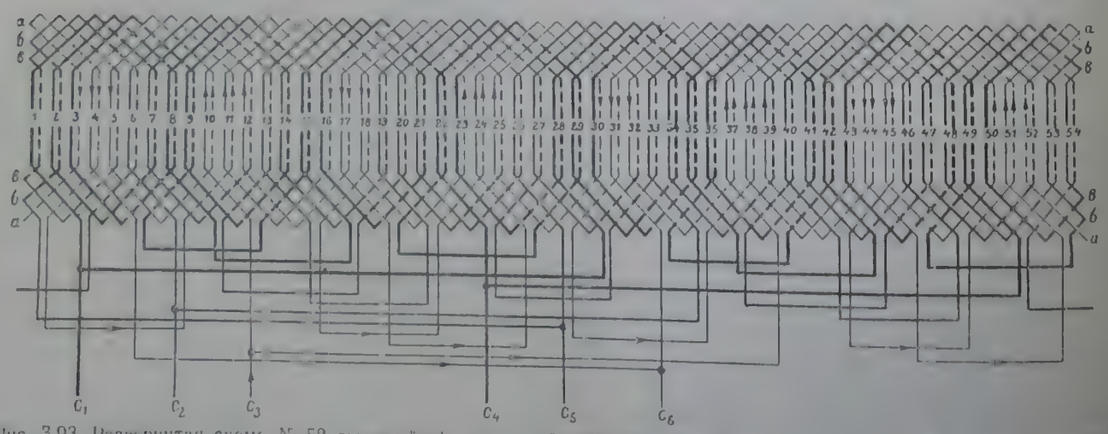


Рис. 3-93. Развернутая схема № 52 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 2$; $z = 54$; $y = 1 - 7$. У электродвигателей на напряжение 500 в выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

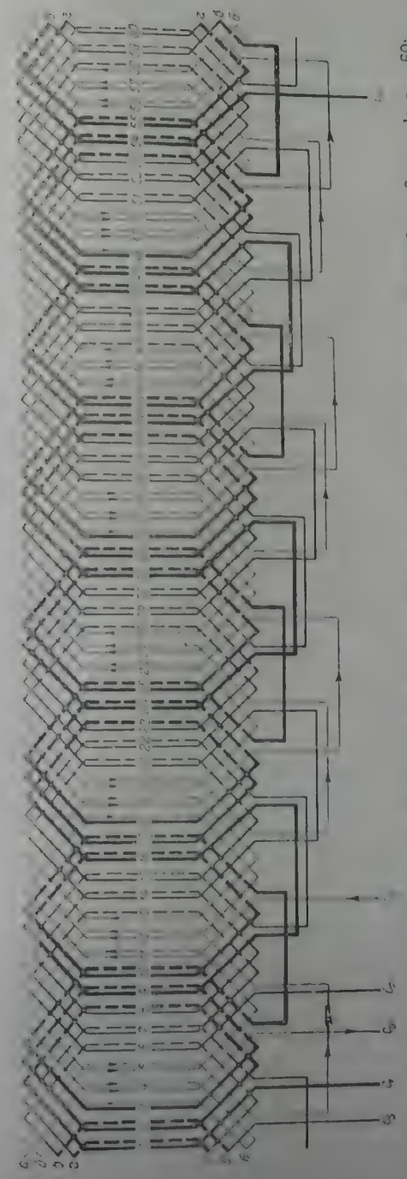


Рис. 3-94. Развернутая схема № 53 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 1$; $z = 60$; $y = 1 - 8$. У электродвигателей на напряжение 500 в выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

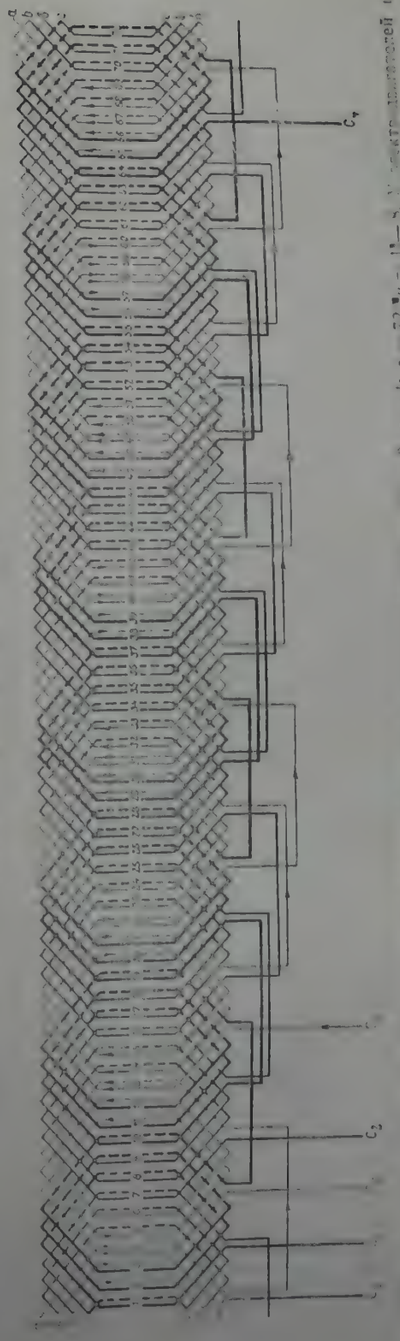


Рис. 3-95. Развернутая схема № 54 двухслойной статорной обмотки электродвигателей на напряжение 500 в выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

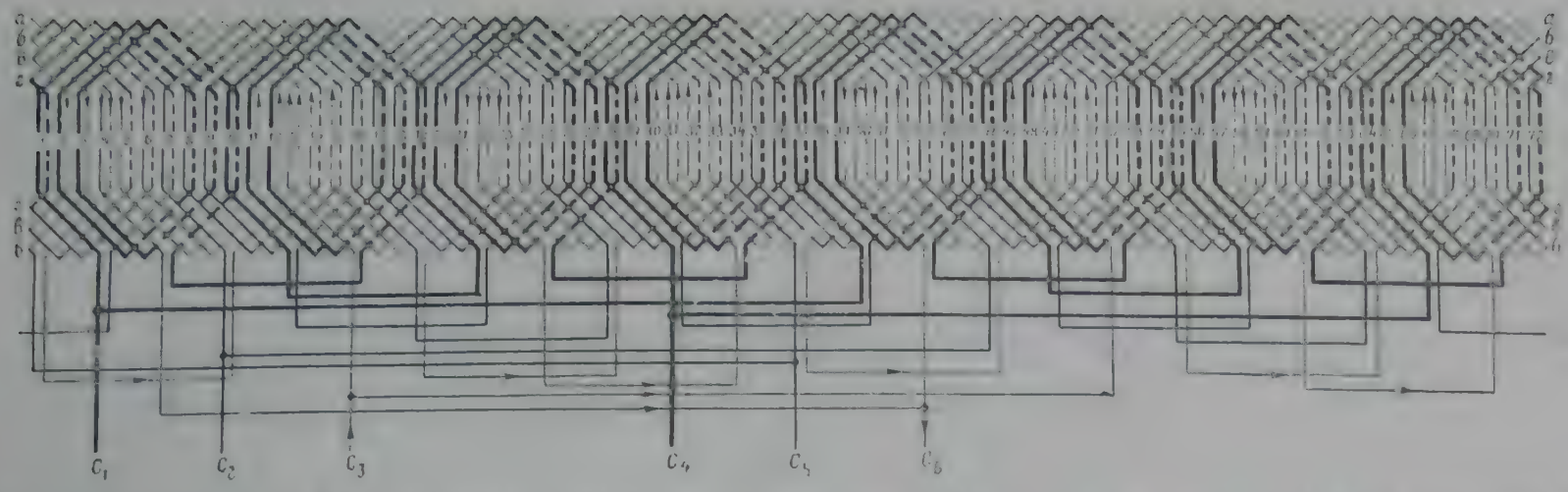


Рис. 3-96. Развернутая схема № 55 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$, $a = 2$; $z = 72$; $y = 1 - 9$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

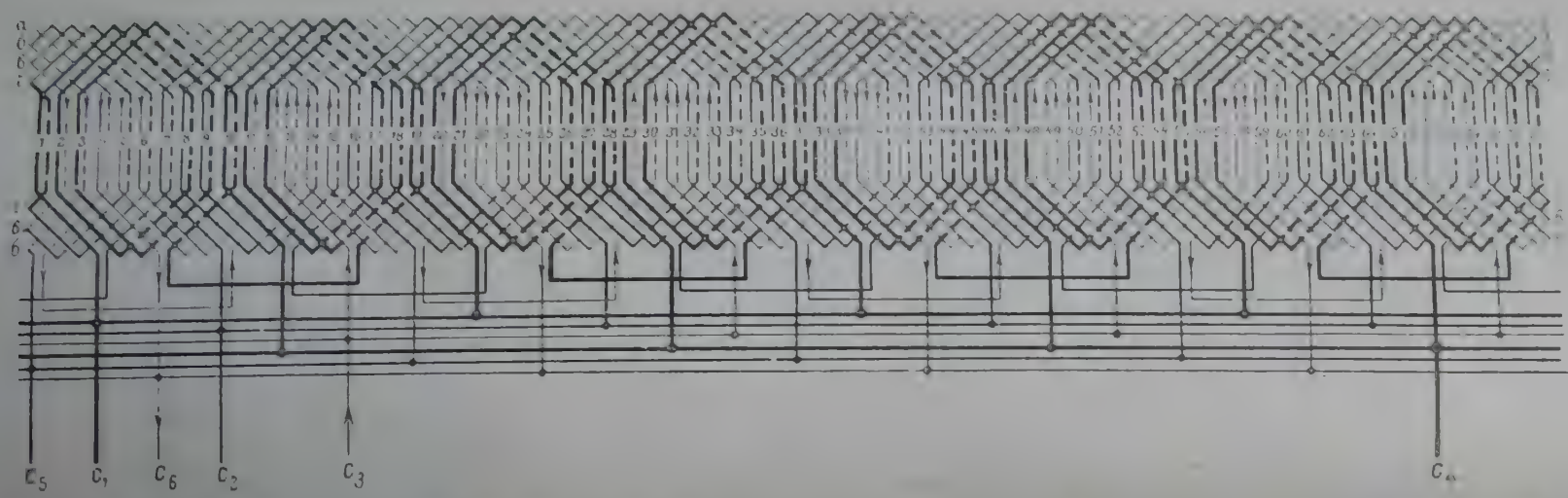


Рис. 3-97. Развернутая схема № 56 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 4$; $z = 72$; $y = 1 - 8$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

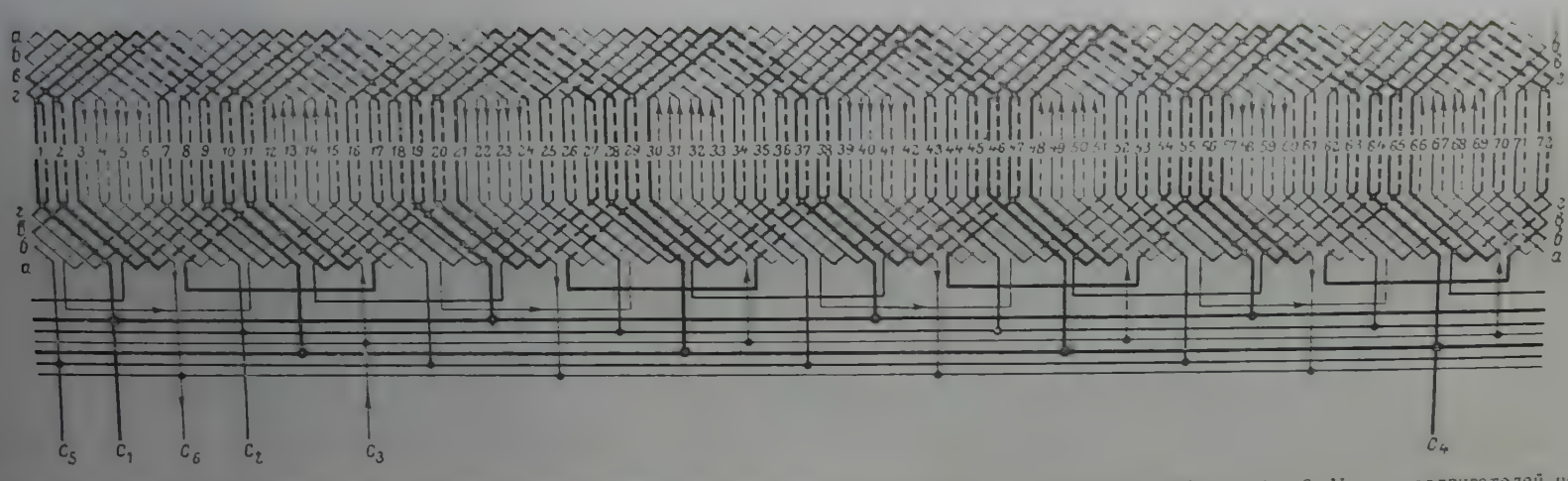


Рис. 3-98. Развернутая схема № 57 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 4$; $z = 72$; $y = 1 - 9$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

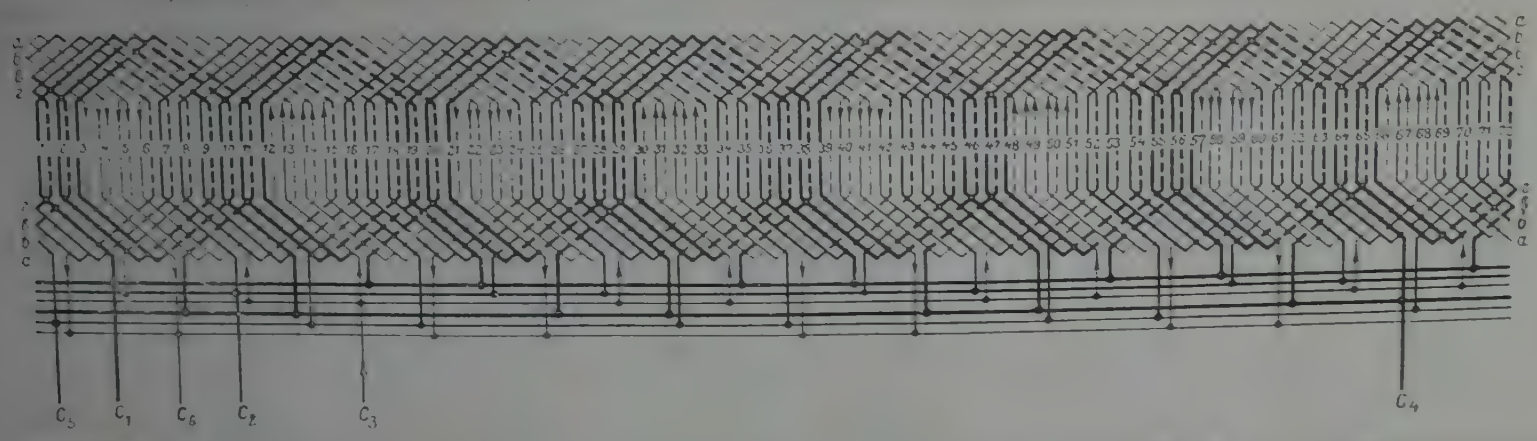


Рис. 3-99. Развернутая схема № 58 двухслойной статорной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 8$; $z = 72$; $y = 1 - 9$. У электродвигателей на напряжение 500 *в* выводить только три конца C_1, C_2, C_3. Для образования нулевой точки концы фаз C_4, C_5, C_6 соединить.

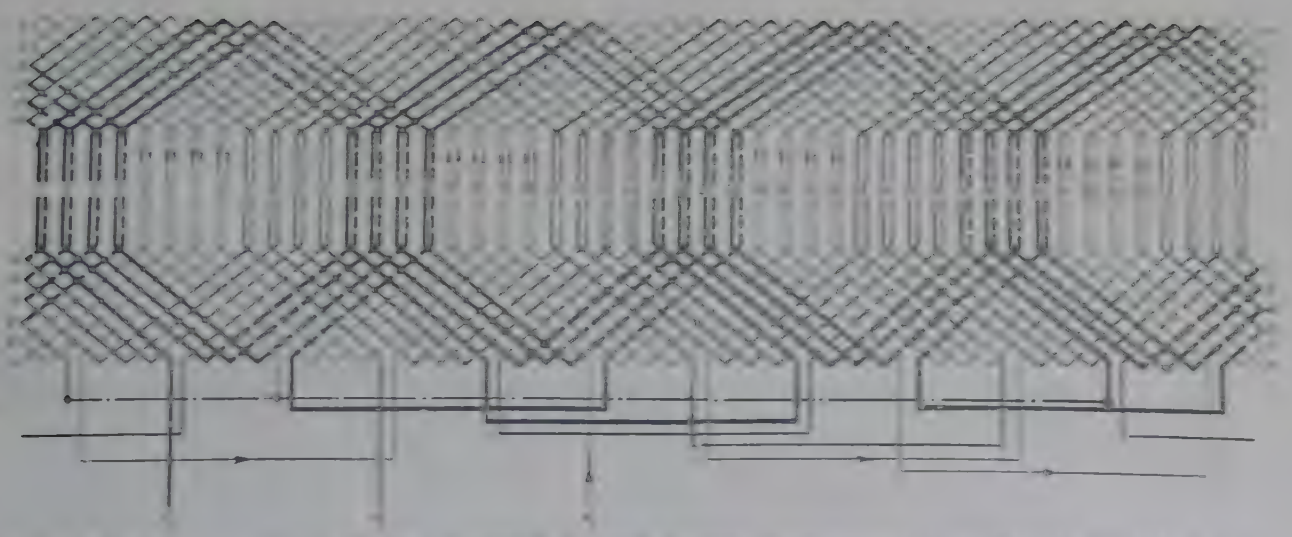


Рис. 3-100. Развернутая схема № 59 двухслойной роторной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $m = 2$; $z = 32$; $y = 1 - 13$. Сопряжение фаз Д.

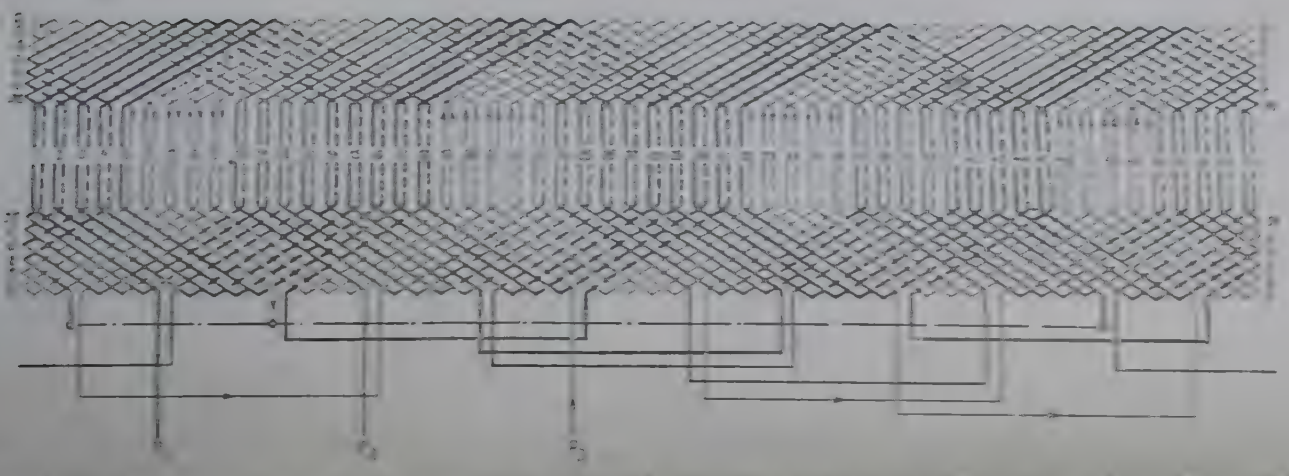


Рис. 3-101. Развернутая схема № 60 двухслойной роторной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $m = 2$; $z = 34$; $y = 1 - 14$. Сопряжение фаз Д.

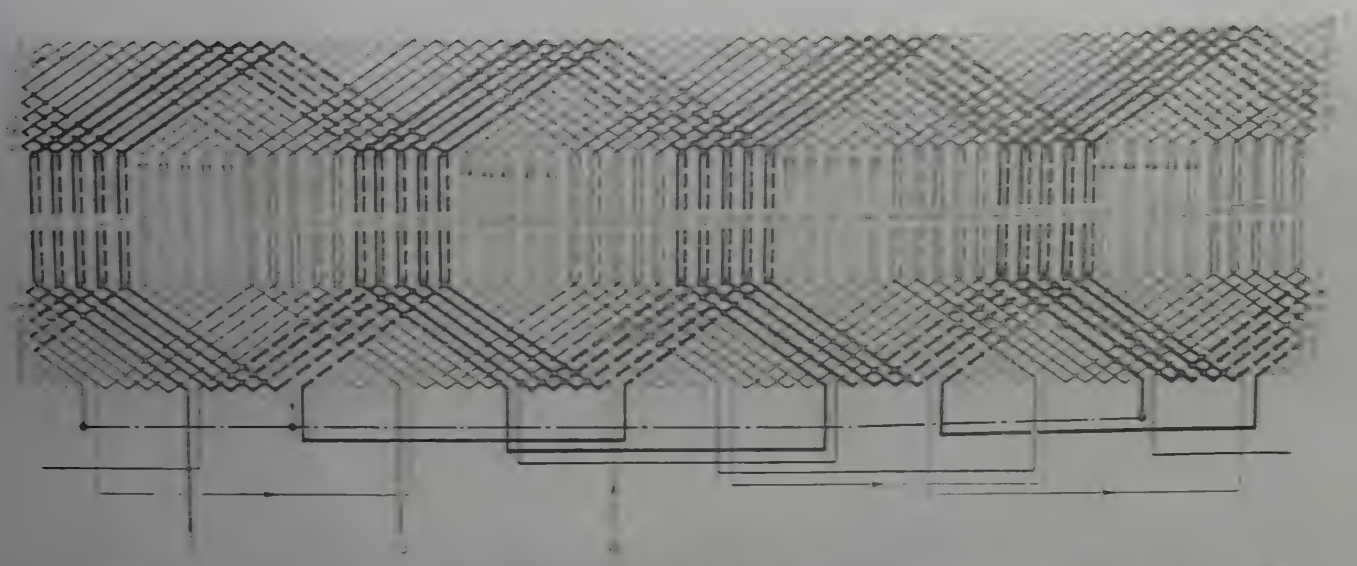


Рис. 3-102. Развернутая схема № 61 двухслойной роторной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $m = 2$; $z = 36$; $y = 1 - 16$. Сопряжение фаз Д.

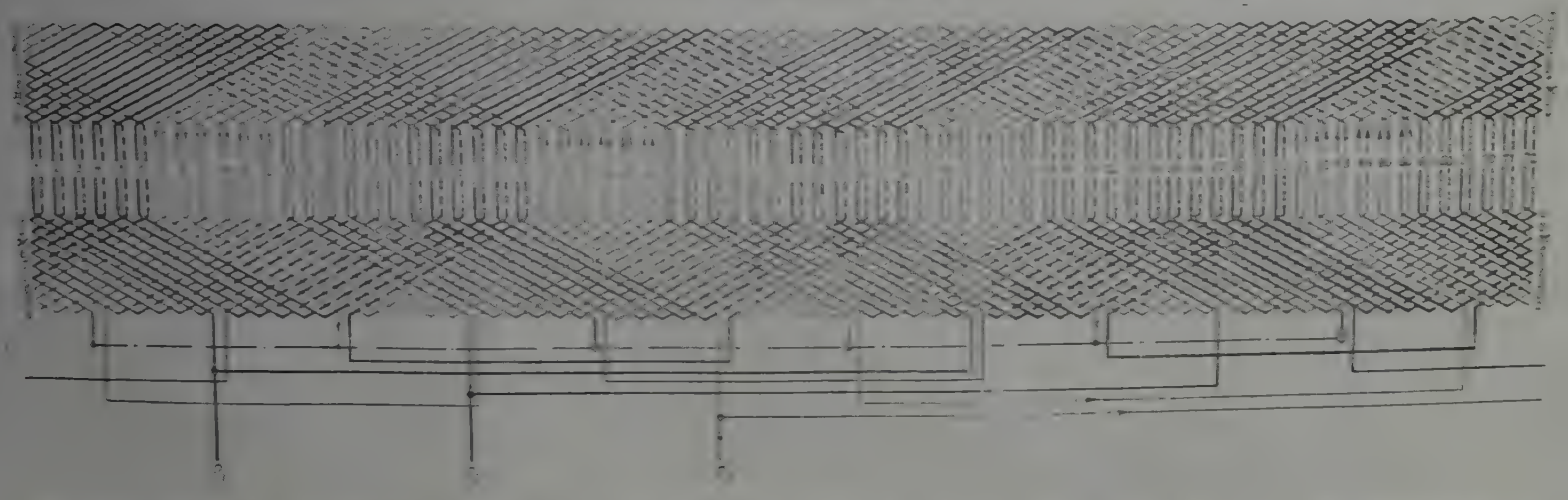


Рис. 3-103. Развернутая схема № 62 двухслойной роторной обмотки электродвигателя при $2p = 4$; $m = 2$; $z = 32$; $y = 1 - 19$. Сопряжение фаз Д.

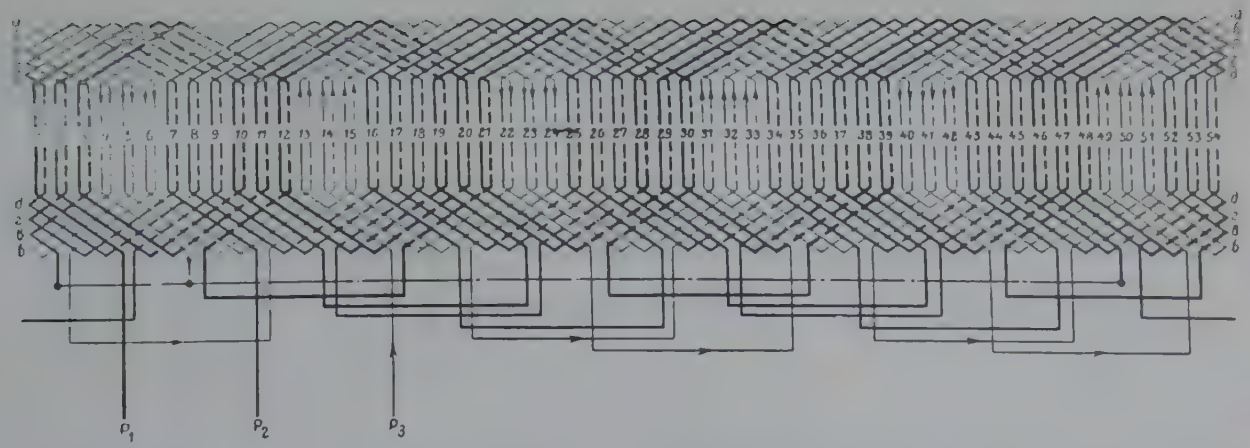


Рис. 3-104. Развернутая схема № 63 двухслойной роторной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 10$. Сопряжение фаз Δ

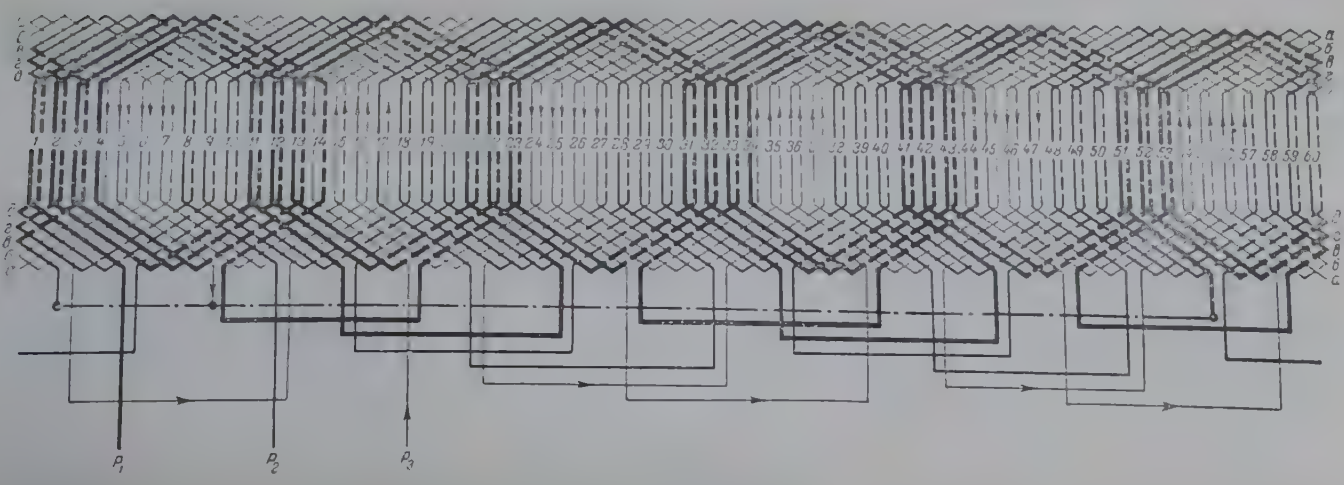


Рис. 3-105. Развернутая схема № 64 двухслойной роторной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$, $z = 60$; $y = 1 - 11$. Сопряжение фаз Δ.

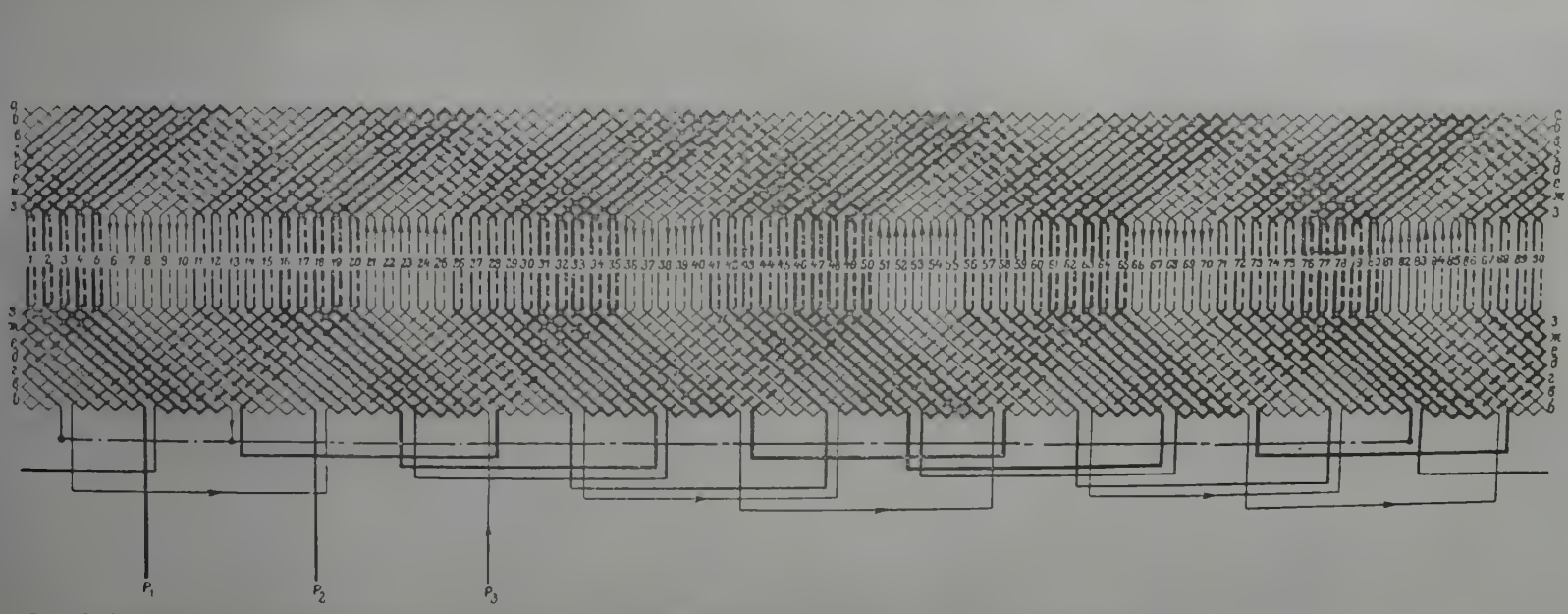


Рис. 3-106. Развернутая схема № 65 двухслойной роторной обмотки электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $z = 90$; $y = 1 - 16$. Сопряжение фаз Δ.

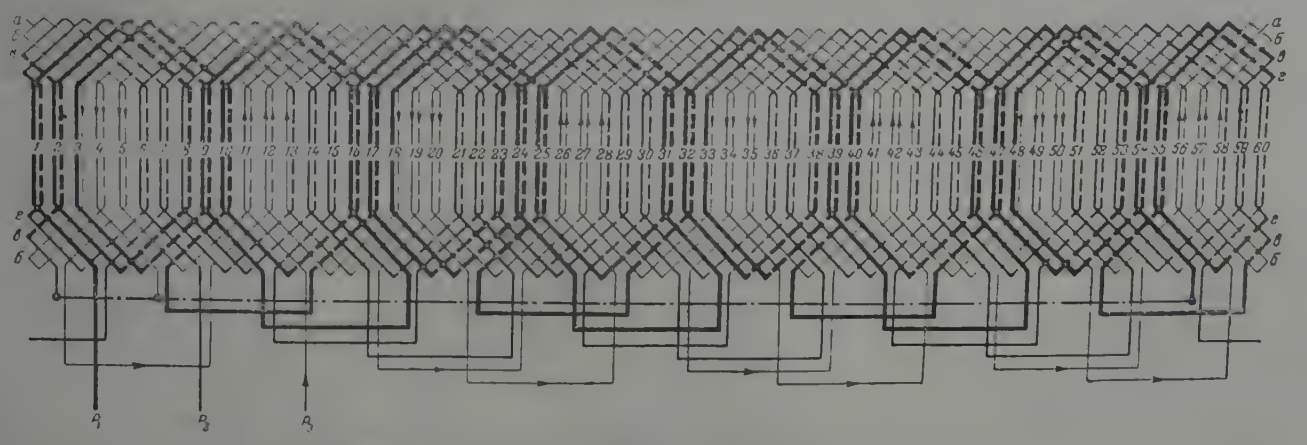


Рис. 3-107. Развернутая схема № 66 двухслойной роторной обмотки электродвигателя при $2p = 8$; $a = 1$; $z = 60$; $y = 1 - 8$. Сопряжение фаз Δ.

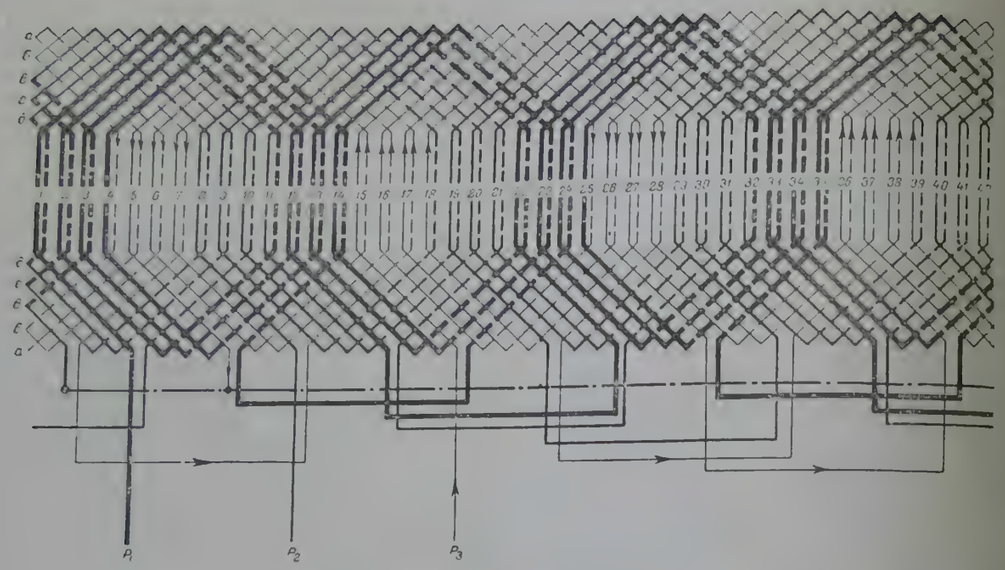
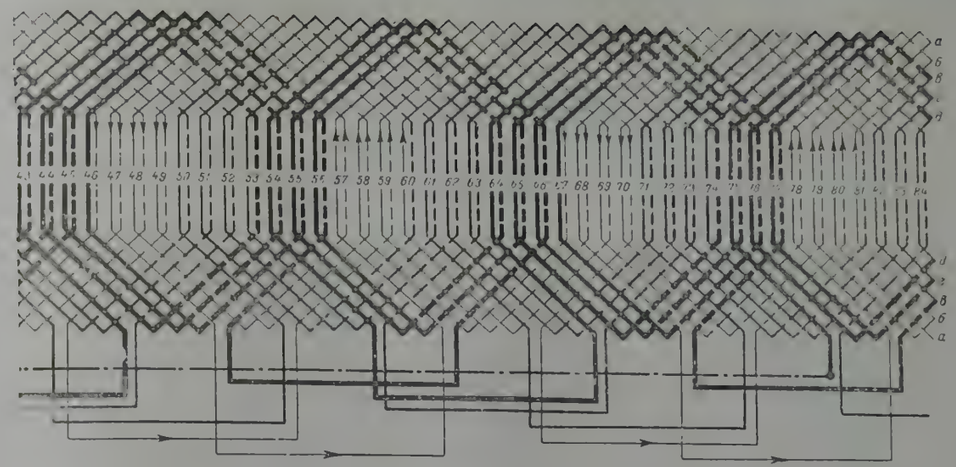


Рис 3-108. Развернутая схема № 67 двухслойной роторной обмотки элек



тродвигателя при $2p = 8$; $a = 1$; $z = 84$; $y = 1 - 11$. Сопряжение фаз Δ.

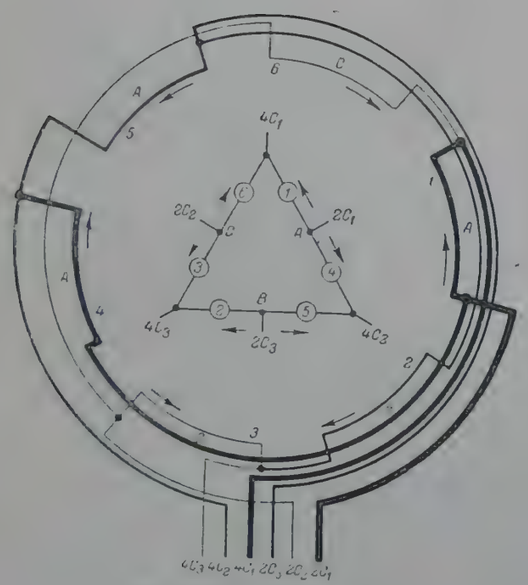


Рис. 3-109. Упрощенная круговая схема № 68 двухслойной двухскоростной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 4/2$; $a = 1$ Δ ΔΔ.

Фаза	Соединения в фазах	Выводы	
		$2p = 4$	$2p = 2$
A	$H_1K_1 \rightarrow H_4K_4$	$4C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow K_6$	$2C_1 \rightarrow H_4 \rightarrow K_1$
B	$H_5K_5 \rightarrow H_2K_2$	$4C_2 \rightarrow H_5 \rightarrow K_4$	$2C_3 \rightarrow H_2 \rightarrow K_5$
C	$H_3K_3 \rightarrow H_6K_6$	$4C_3 \rightarrow H_3 \rightarrow K_2$	$2C_2 \rightarrow H_3 \rightarrow K_3$

Направление токов показано для $2p = 2$.

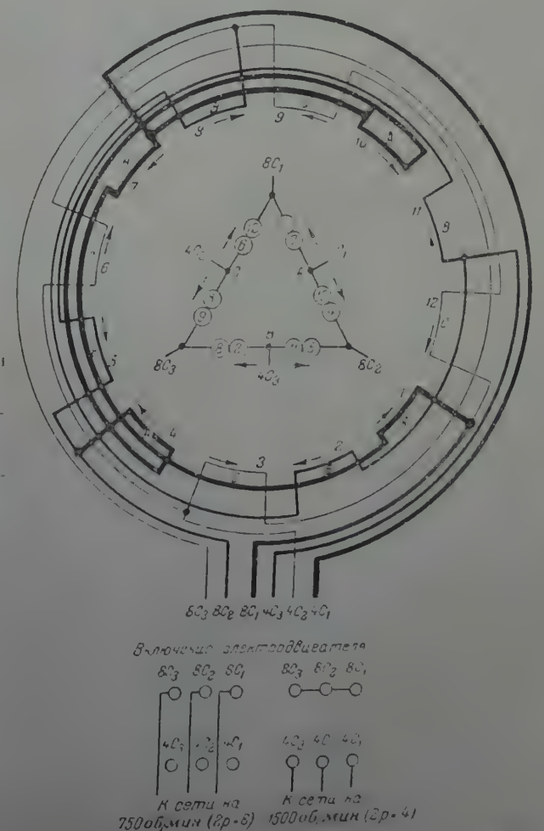
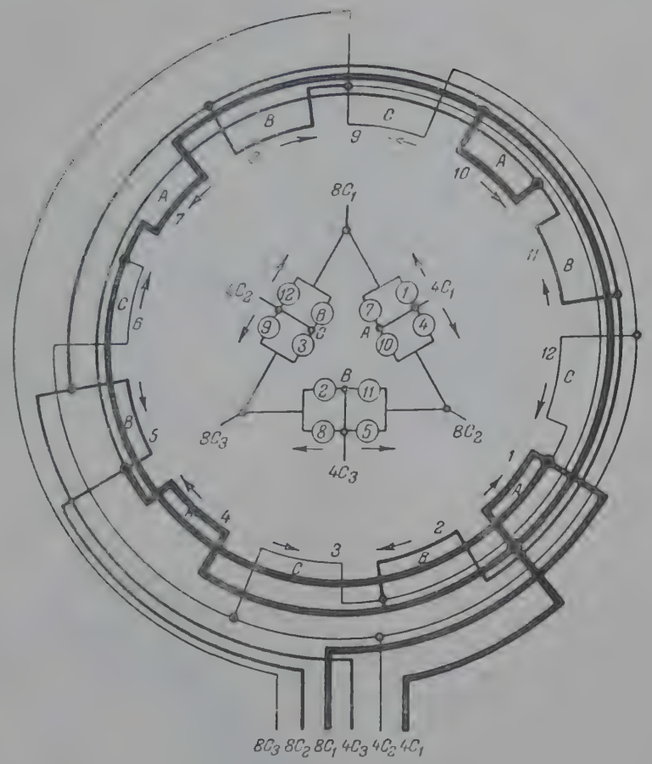


Рис. 3-110. Упрощенная круговая схема № 69 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 8/4$, $a = 1\Delta/\Delta\Delta$.

Фаза	Соединения в фазах	Выводы	
		$2p = 8$	$2p = 4$
A	$H_1K_1 \rightarrow H_7K_7 \rightarrow H_{10}K_{10} \rightarrow H_4K_4$	$8C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow K_{12}$	$4C_1 \rightarrow H_{10} \rightarrow K_7$
B	$H_5K_5 \rightarrow H_{11}K_{11} \leftarrow H_2K_2 \rightarrow H_8K_8$	$8C_2 \rightarrow H_5 \rightarrow K_4$	$4C_3 \rightarrow H_2 \rightarrow K_{11}$
C	$H_9K_9 \rightarrow H_3K_3 \rightarrow H_6K_6 \rightarrow H_{12}K_{12}$	$8C_3 \rightarrow H_9 \rightarrow K_8$	$4C_2 \rightarrow H_6 \rightarrow K_3$

Направление токов показано для $2p = 4$



Включение электродвигателя:

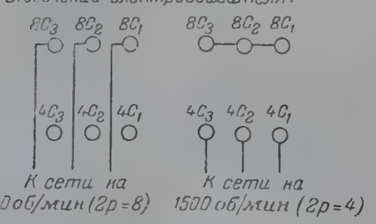
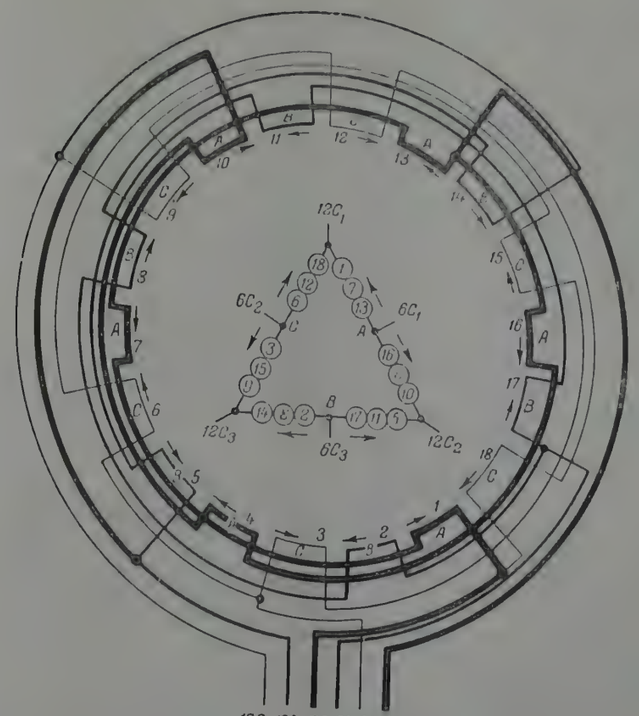


Рис. 3-111. Упрощенная круговая схема № 70 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 8/4$; $a = 2\,\Delta/\text{ЛЛ}$

	Соединения в фазах		
	A	B	C
	$H_1K_3 \rightarrow H_4K_4$ } параллельно $H_7K_9 \rightarrow H_{10}K_{10}$ }	$H_5K_5 \rightarrow H_8K_8$ } параллельно $H_{11}A_{11} \rightarrow H_2K_2$ }	$H_2K_6 \rightarrow H_{12}K_{12}$ } параллельно $H_3K_3 \quad H_6K_6$ }
	Выводы		
$2p = 8$	$8C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow H_7 \rightarrow K_9 \rightarrow K_{12}$	$8C_2 \rightarrow H_5 \rightarrow H_{11} \rightarrow K_4 \rightarrow K_{10}$	$8C_3 \rightarrow H_9 \rightarrow H_3 \rightarrow K_3 \rightarrow K_8$
$2p = 4$	$4C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow H_7 \rightarrow K_7$	$4C_2 \rightarrow H_2 \rightarrow H_6 \rightarrow K_5 \rightarrow K_{11}$	$4C_3 \rightarrow H_9 \rightarrow H_{12} \rightarrow K_9 \rightarrow K_2$

Направление токов показано для $2p = 4$.



Включение электродвигателя:

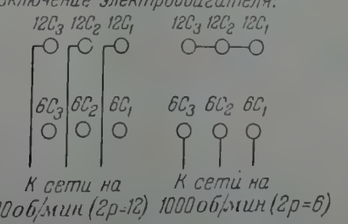
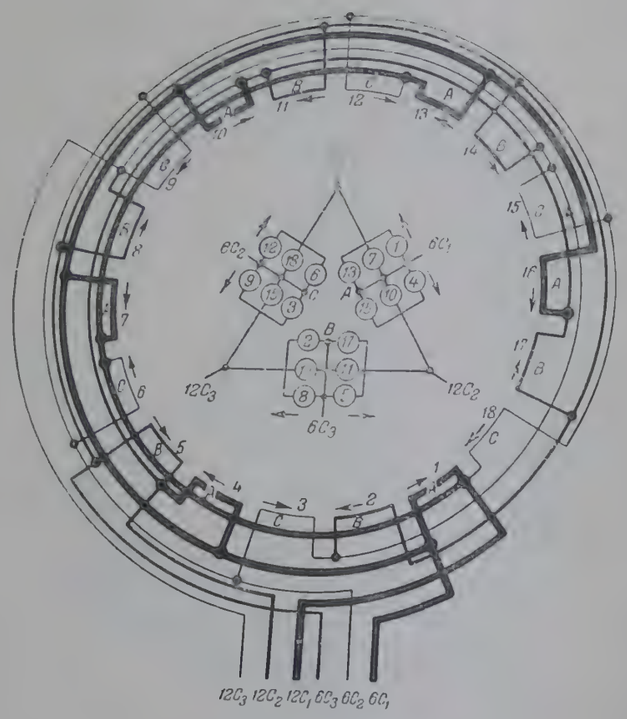


Рис. 3-112. Упрощенная круговая схема № 71 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 12/6$; $a = 1\,\Delta/\text{ЛЛ}$.

Фазы	Соединения в фазах	Выводы	
		$2p=2$	$2p=6$
A	$H_1K_1 \rightarrow H_2K_2 \rightarrow H_{18}K_{18} \rightarrow H_{16}K_{16} \rightarrow H_4K_4 \rightarrow H_{14}K_{14}$	$12C_1 \rightarrow H_1 \rightarrow K_{18}$	$6C_1 \rightarrow H_2 \rightarrow K_{18}$
B	$H_5K_5 \rightarrow H_{11}K_{11} \rightarrow H_{13}K_{13} \rightarrow H_7K_7 \rightarrow H_9K_9 \rightarrow H_{15}K_{15}$	$12C_2 \rightarrow H_5 \rightarrow K_{10}$	$6C_2 \rightarrow H_6 \rightarrow K_{11}$
C	$H_8K_8 \rightarrow H_{12}K_{12} \rightarrow H_3K_3 \rightarrow H_6K_6 \rightarrow H_{17}K_{17} \rightarrow H_{10}K_{10}$	$12C_3 \rightarrow H_9 \rightarrow K_{14}$	$6C_3 \rightarrow H_4 \rightarrow K_9$

Направление токов показано для $2p = 6$.

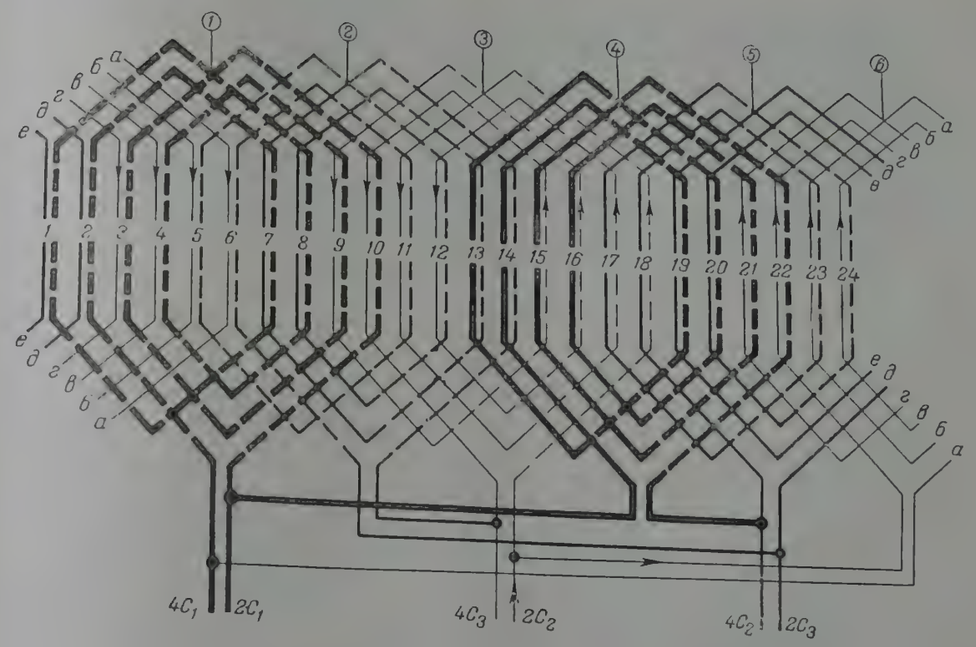


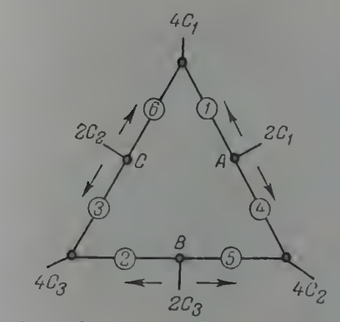
Включение электродвигателя:

Рис. 3-113. Развернутая круговая схема № 72 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 12/6$; $a = 3$ Δ/ΔΔ.

	Соединения в фазах		
	A	B	C
$2p = 12$	$H_1K_4 \to H_4K_7$ $H_7K_{10} \to H_{10}K_{13}$ $H_{13}K_{16} \to H_{16}K_1$ параллельно	$H_2K_5 \to H_5K_8$ $H_{11}K_{14} \to H_{14}K_{17}$ $H_{17}K_{17} \to H_2K_2$ параллельно	$H_8K_{11} \to H_{11}K_{14}$ $H_{14}K_{17} \to H_{17}K_2$ $H_2K_5 \to H_6K_6$ параллельно
	Выводы		
$2p = 12$	$12C_3 \to H_1 \to H_7 \to H_{13} \to K_4 \to K_{10} \to K_{16}$	$12C_2 \to H_2 \to H_8 \to H_{14} \to K_{10} \to K_4 \to K_{10}$	$12C_1 \to H_9 \to H_{15} \to H_3 \to K_8 \to K_{14}$
$2p = 6$	$6C_1 \to H_{16} \to H_{10} \to K_1 \to K_7 \to K_{13}$	$6C_3 \to H_2 \to H_8 \to H_{14} \to K_{11} \to K_{17}$	$6C_2 \to H_8 \to H_{17} \to H_{16} \to K_9 \to K_{15} \to K_5$

Направление токов показано при $2p = 6$.





Включение электродвигателя

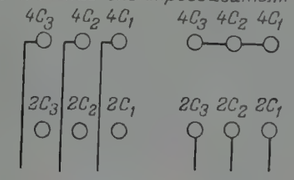
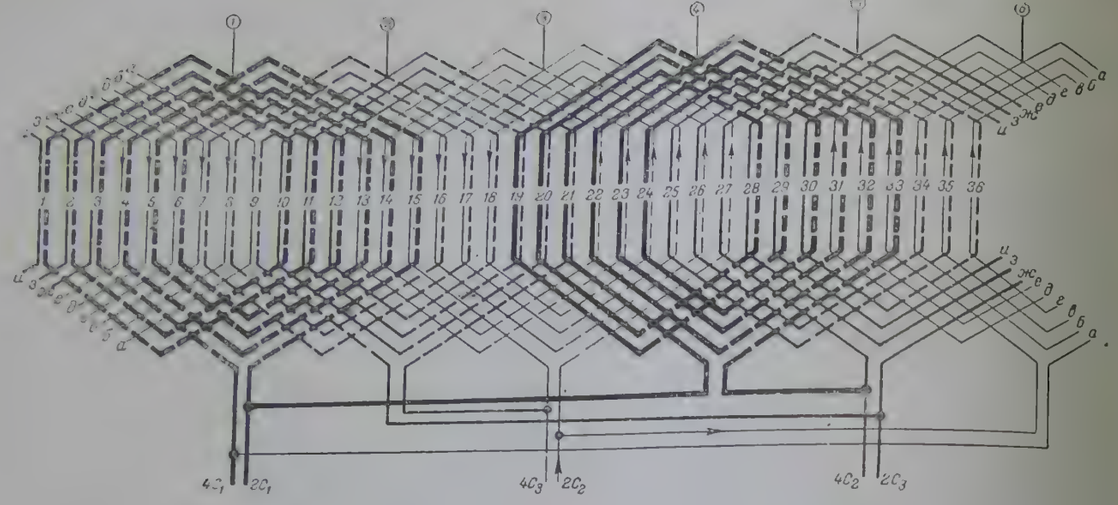
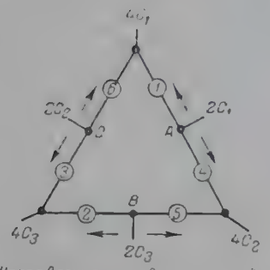


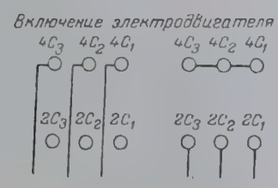
Рис. 3-114. Развернутая схема № 73 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p=4/2$; $a=1$; $z=24$; $y = 1-7$ Δ/ΔΔ.

1. Катушки обмотки в пазы *1, 2—7, 8; 3, 4—9, 10; 5, 6—11, 12* укладывать обеими сторонами на дно паза.
2. Катушки обмотки в пазы *21, 22—3, 4; 23, 24—5, 6; 19, 20—1, 2* укладывать обеими сторонами у клина.
3. Остальные катушки укладывать как обычно.





Направление токов показано для 2p=2

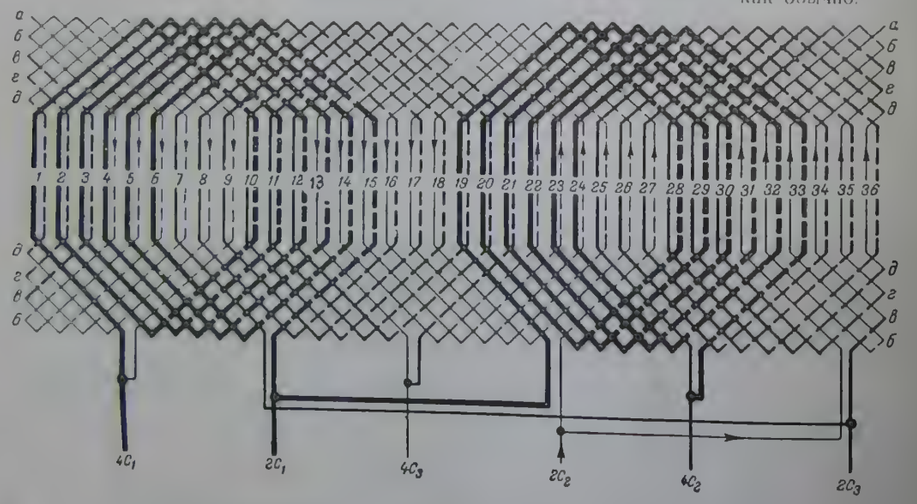


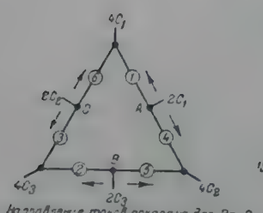
К сети на 1500 об/мин (2p=4)

К сети на 3000 об/мин (2p=2)

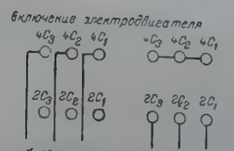
Рис. 3-115. Развернутая схема № 74 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 4/2$; $a = 1$; $z = 36$; $y = 1 - 10$ Δ/ΔΔ

1. Катушки обмотки в пазы *1, 2, 3—10, 11, 12; 4, 5, 6—13, 14, 15; 7, 8, 9—16, 17, 18* укладывать обеими сторонами на дно паза.
2. Катушки обмотки в пазы *28, 29, 30—1, 2, 3; 31, 32, 33—4, 5, 6; 34, 35, 36—7, 8, 9* укладывать обеими сторонами у клина.
3. Остальные катушки укладывать как обычно.





Направление токов показано для 2p=2



К сети на 1500 об/мин (2p=4)

К сети на 3000 об/мин (2p=2)

Рис. 3-116. Развернутая схема № 75 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 4/2$; $a = 1$; $z = 36$; $y = 1—10$ Δ/YY.

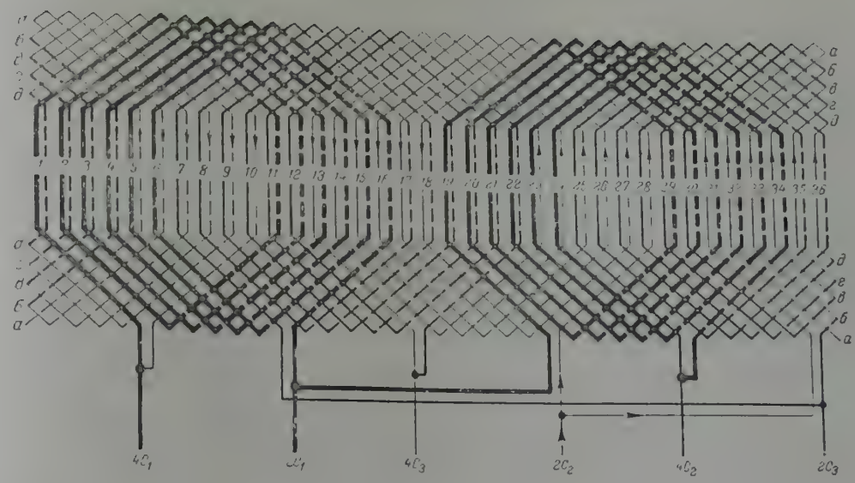
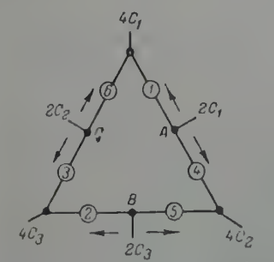
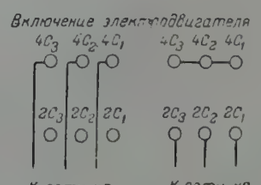


Рис. 3-117. Развернутая схема № 76 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 4/2$; $a = 1$; $z = 36$; $y = 1 - 11$ Δ/ΔΔ.

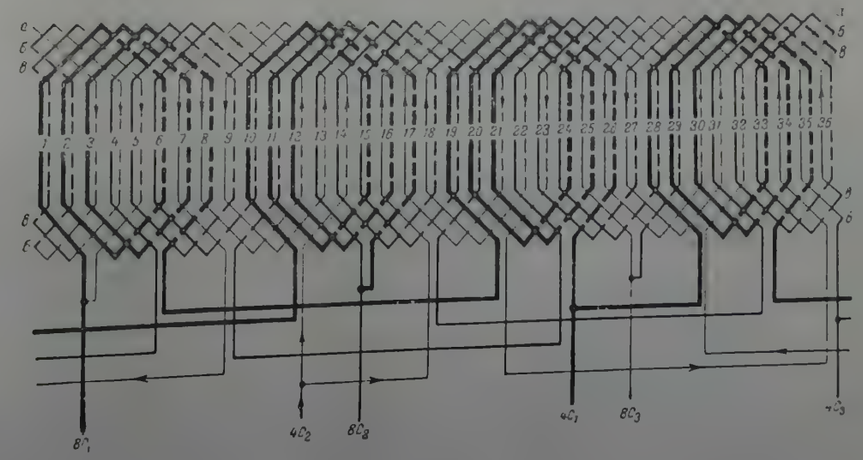


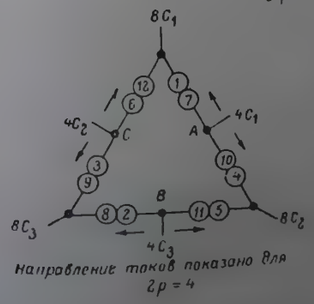
Направление токов показано для 2p=2



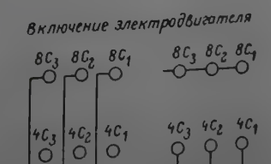
К сети на 1500 об/мин (2p=4)

К сети на 3000 об/мин (2p=2)





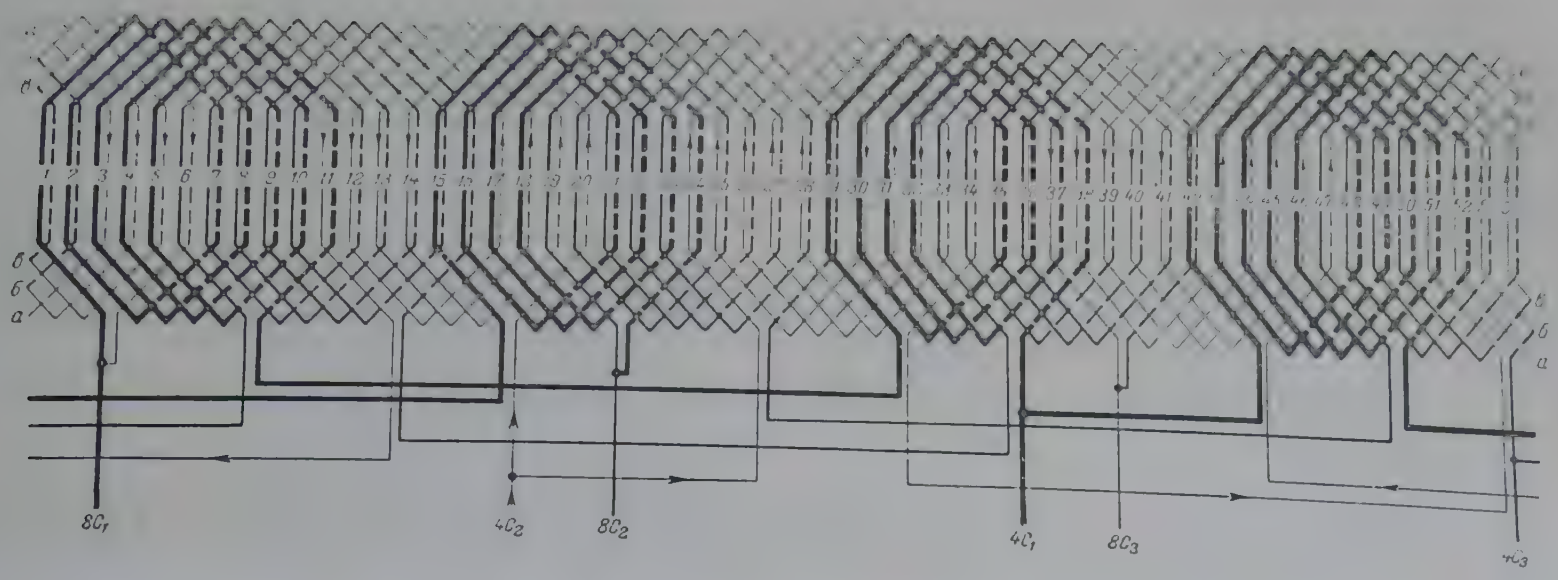
Направление токов показано для 2p=4

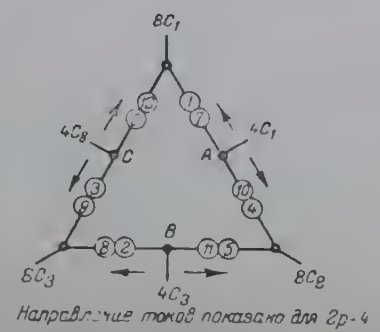


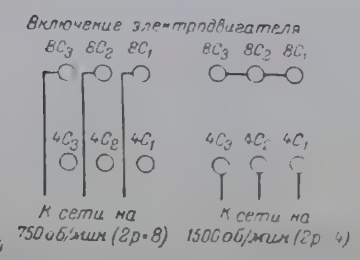
К сети на 750 об/мин (2p=8)

К сети на 1500 об/мин (2p=4)

Рис. 3-118. Развернутая схема № 77 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 8/4$; $a = 1$; $z = 36$; $y = 1 - 6$ Δ/ΔΔ.







Направление токов показано для 2p=4

Рис. 3-119. Развернутая схема № 78 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 8/4$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 7$ Δ/ΔΔ.

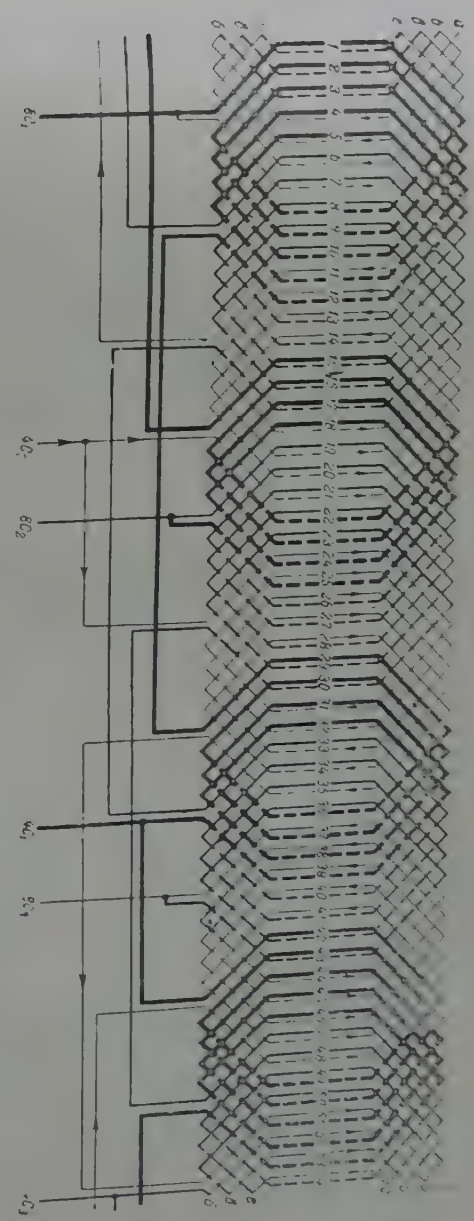


Рис. 3-120. Развернутая схема № 79 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 8/4$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 8$ Δ/ΔΔ.

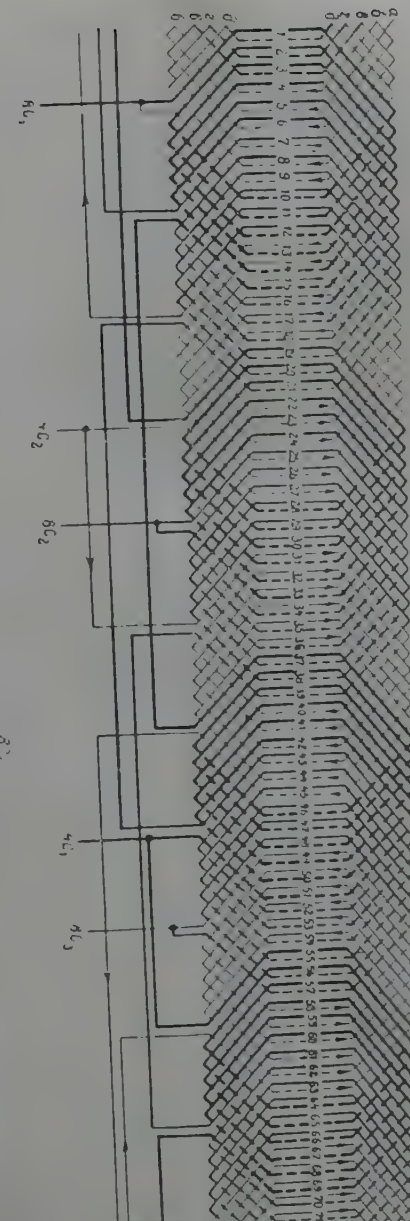
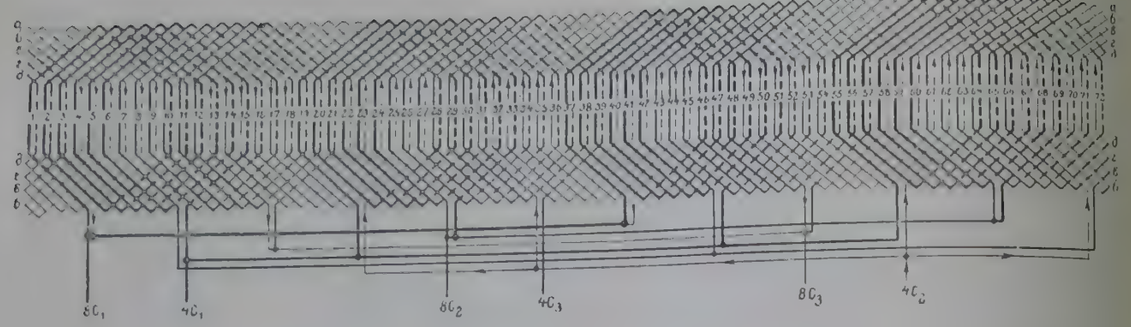
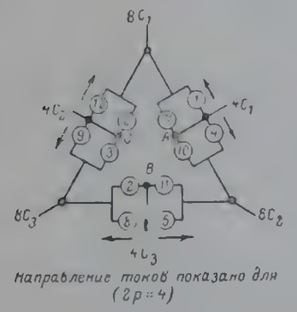


Рис. 3-121. Развернутая схема № 80 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 8/4$; $a = 1$; $z = 72$; $y = 1 - 10$ Δ/ΔΔ.





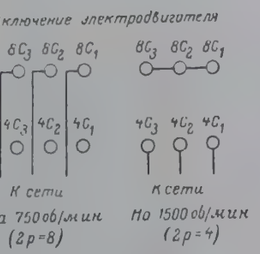
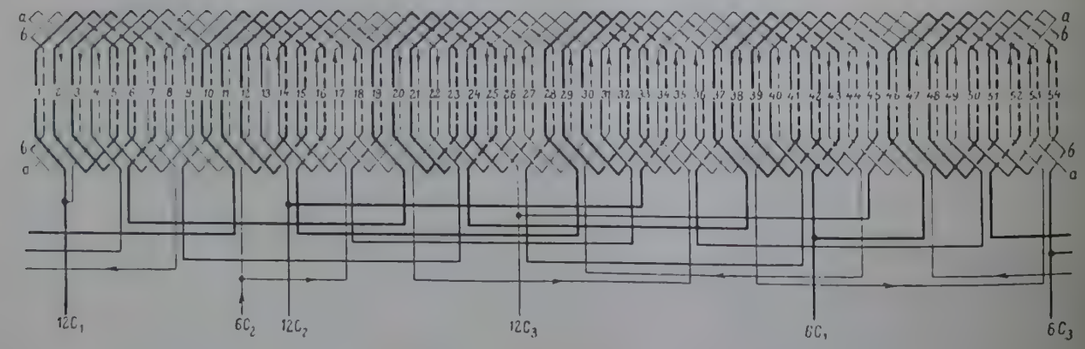
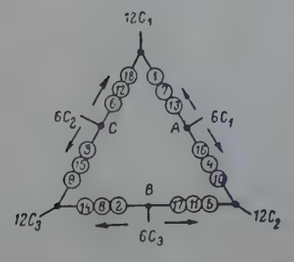


Рис. 3-122. Развернутая схема № 81 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 8/4$; $a = 2$; $z = 72$; $y = 1 - 10$ Δ/ΔΔ.





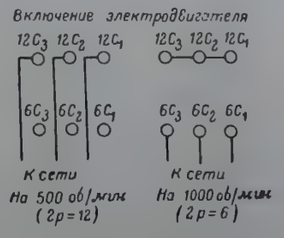
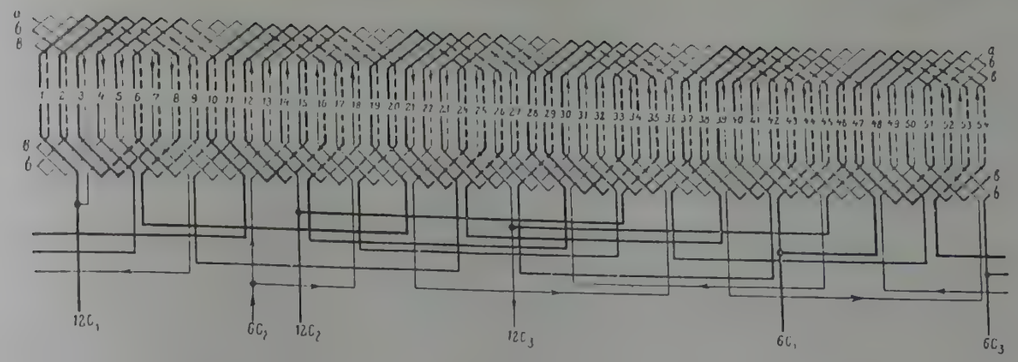
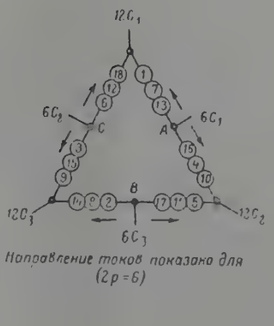


Рис. 3-123. Развернутая схема № 82 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 12/6$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 5$ Δ/ΔΔ.





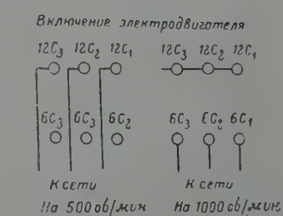
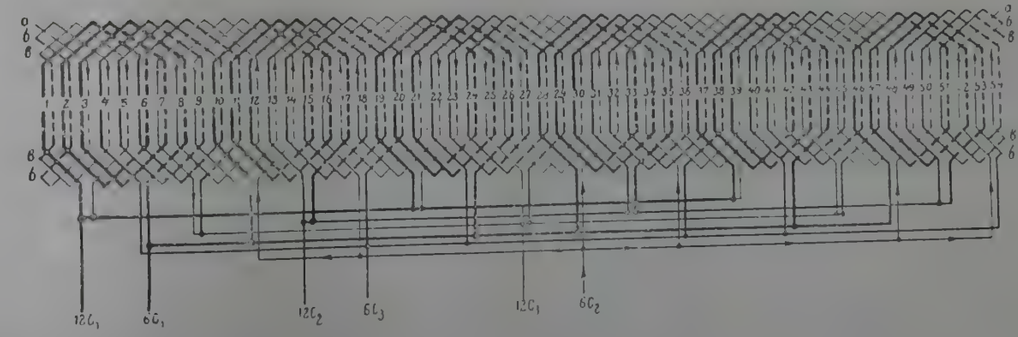
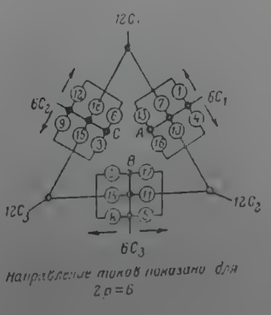


Рис. 3-124. Развернутая схема № 83 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 12/6$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1 - 6$ Δ/ΔΔ.





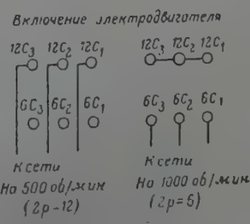
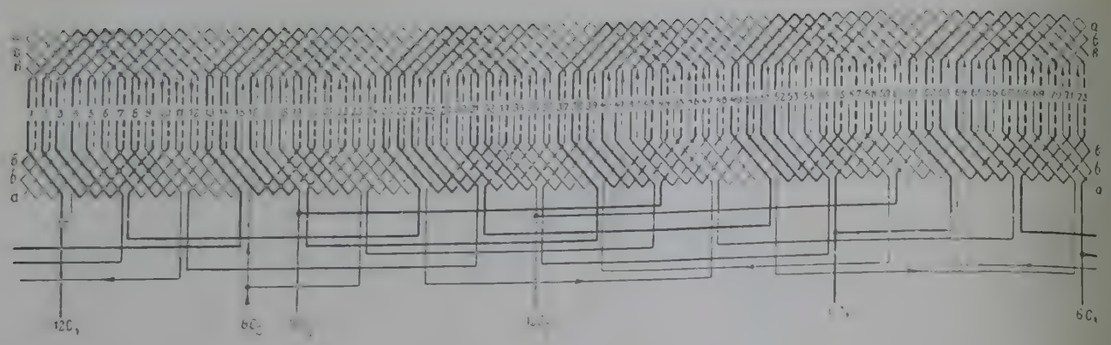
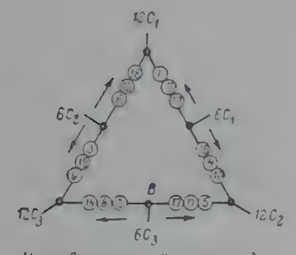


Рис. 3-125. Развернутая схема № 84 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 12/6$; $a = 3$; $z = 54$; $y = 1 - 6$ Δ/ΔΔ.





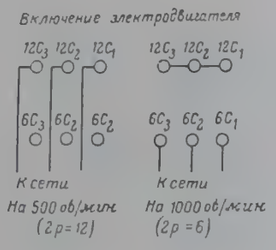
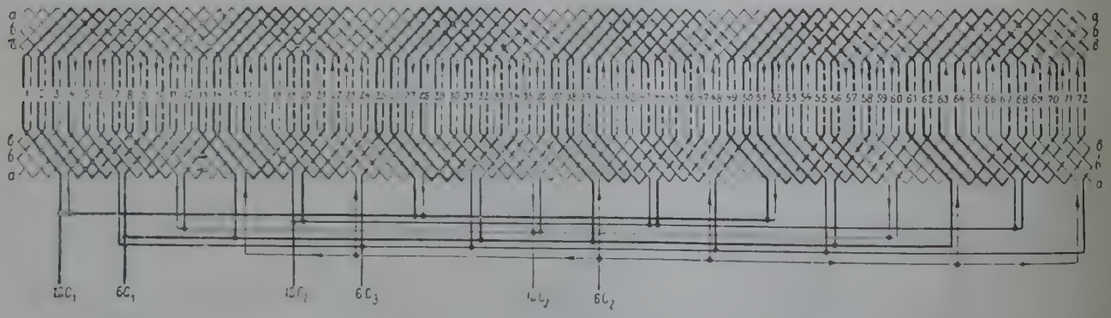
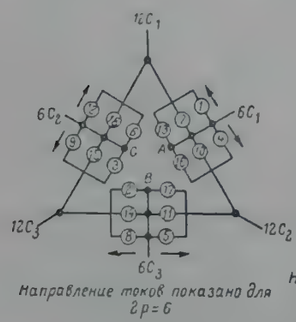


Рис. 3-126. Развернутая схема № 85 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 12/6$; $a = 1$; $z = 72$; $y = 1{-}7$ $\Delta/\text{ЧЧ}$.





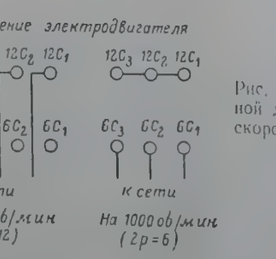


Рис. 3-127. Развернутая схема № 86 двухслойной двухскоростной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 12/6$; $a = 3$; $z = 72$; $y = 1{-}7$ $\Delta/\text{ЧЧ}$.

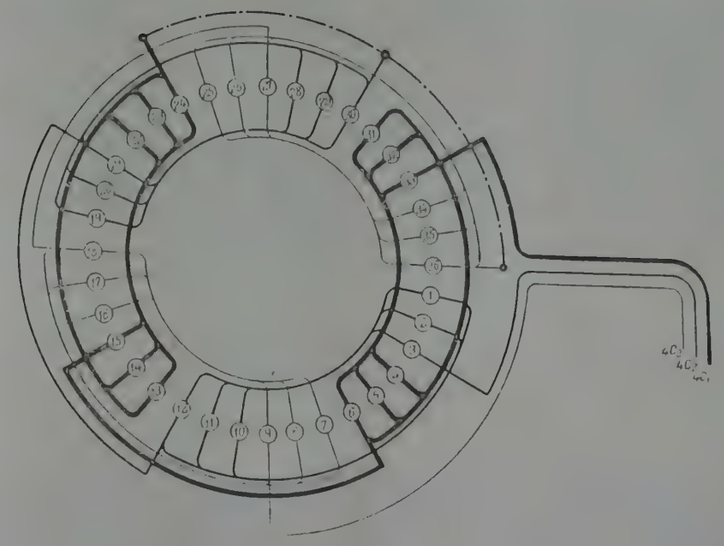


Рис. 3-128. Развернутая круговая схема № 87 однослойной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя $2p = 4$; $z = 36$; $a = 1$.

Сопряжение фаз Δ.

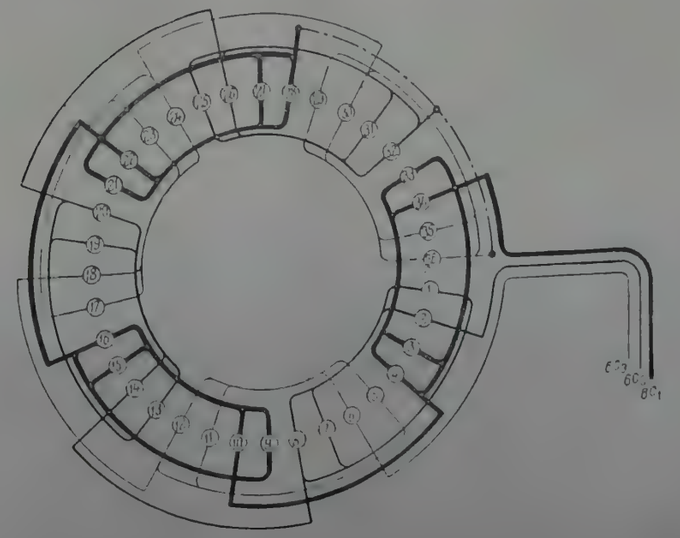


Рис. 3-129. Развернутая круговая схема № 88 однослойной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 6$; $z = 36$; $a = 1$.

Сопряжение фаз Δ.

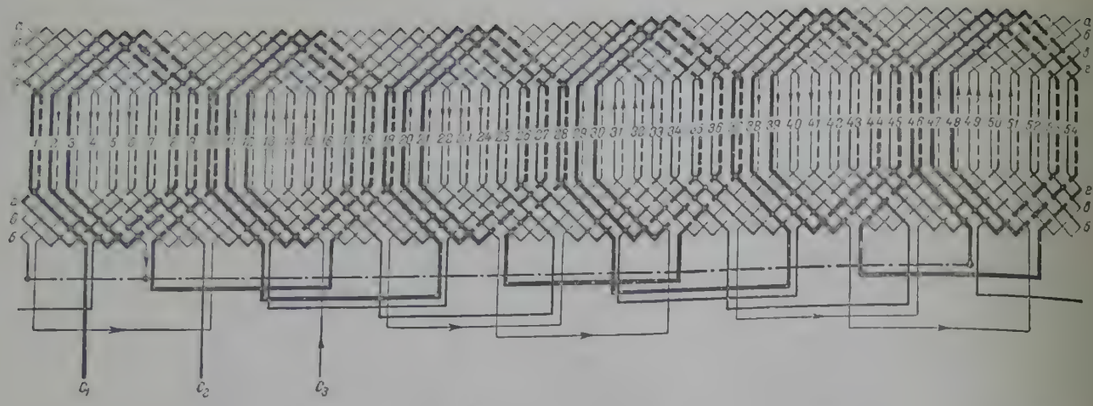


Рис. 3-130. Развернутая схема № 89 двухслойной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $z = 54$; $y = 1-8$
Сопряжение фаз Δ

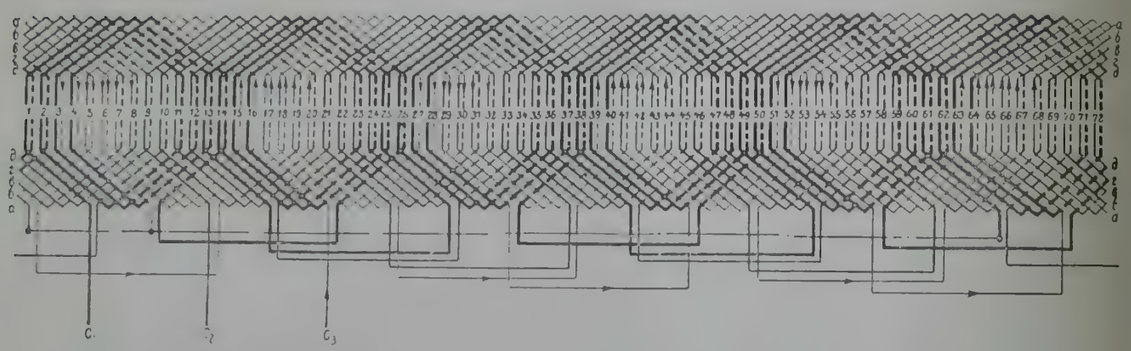


Рис. 3-131. Развернутая схема № 90 двухслойной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 6$; $a = 1$; $z = 72$; $y = 1-11$.
Сопряжение фаз Δ

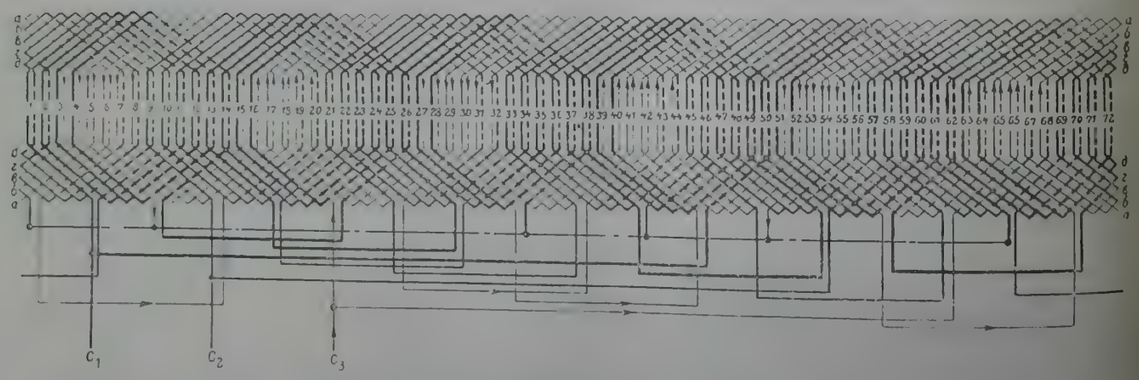


Рис. 3-132. Развернутая схема № 91 двухслойной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 6$; $a = 2$; $z = 72$; $y = 1-11$.
Сопряжение фаз Δ.

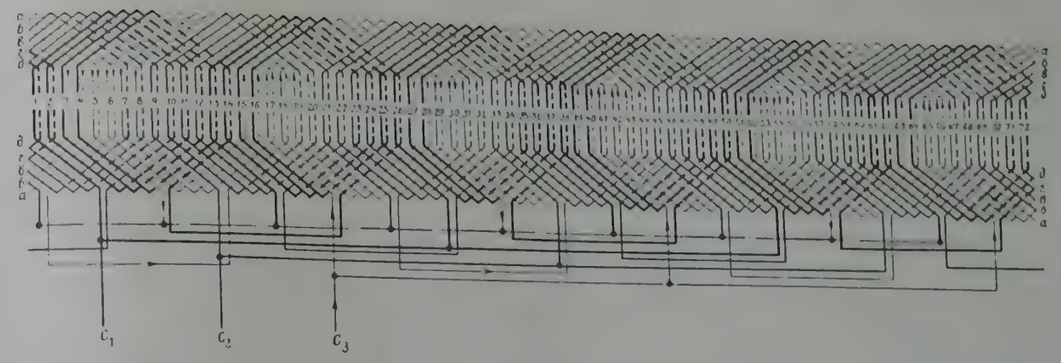


Рис. 3-133. Развернутая схема № 92 двухслойной статорной обмотки многоскоростного электродвигателя при $2p = 6$; $a = 3$; $z = 72$, $y = 1-11$
Сопряжение фаз Δ.

Таблица 3-18

Перечень схем роторных обмоток и статорных обмоток многоскоростных электродвигателей

№ схемы	Тип обмотки	Число полюсов $2p$	Число пазов z	Шаг по пазам y	Число параллельных ветвей a	Вид схемы
59	Двухслойная	4	18	1—13	1	Развернутая роторная
60	"		54	1—14	1	
61	"		60	1—15	1	
62	"		72	1—19	2	То же
63	"	6	54	1—10	1	" "
64	"		60	1—11	1	" "
65	"		90	1—16	1	" "
66	"	8	60	1—8	1	" "
67	"		84	1—11	1	" "
68	"	12	—	—	1	Упрощенная круговая
69	"	8	1	—	—	1	То же
70	"					2	" "
71	"	12	6	—	—	1	" "
72	"					3	" "
73	"	12	24	1—7	1	Развернутая
74	"		36	1—10	1	То же
75	"			1—11	1	" "
76	"			1—6	1	" "
77	"			1—7	1	" "
78	"	8	1	54	1—8	1	" "
79	"						

Продолжение табл. 3-18

№ схемы	Тип обмотки	Число полюсов $2p$	Число пазов z	Шаг по пазам y	Число параллельных ветвей a	Вид схемы
80	"	8/4	72	1—10	1	Развернутая
81	"			1—10	2	То же
82	"	12/6	54	1—5	1	" "
83	"			1—6	1	" "
84	"			1—6	3	" "
85	"		72	1—7	1	" "
86	"			1—7	3	" "
87	Однослойная катушечная	4*	36	Диаметральный	1	Развернутая кругового
88	То же	6*	54	То же	1	То же
89	Двухслойная		72	1—8	1	Развернутая
90	"			1—11	1	
91	"			1—11	2	То же
92	"			1—11	3	" "

* Одна из обмоток многоскоростного электродвигателя.

Соединения концов катушечных групп в фазах и обмоток фаз приведены при различных включениях.

Обозначения выводных концов при включении в треугольник и двойную звезду выбраны таким образом, чтобы обеспечить одинаковое направление вращения электродвигателя при любой скорости.

Таблица 3-12

Шаг обмоток фазных роторов

Число полюсов $2p$	Число пазов z	Число пазов на полюс фазу q	Шаг обмотки: задний $y_{2з}$	Шаг обмотки: передний $y_{2п}$	Перемычка фаз или поворотные соединения	Начала фаз	Концы фаз	Примечание
					1. Обмотки роторов с укороченными переходами			
2	24	4	12	11	10и—22и 18и—6и 2и—14и	1в 9в 17в	13в 21в 5в	
	30	5	15	14	12и—27и 26и—7и 2и—17и	1в 11в 21в	16в 26в 6в	
	36	6	18	17	14и—32и 26и—8и 2и—20и	1в 13в 25в	19в 31в 7в	Симметричные выводы
	42	7	21	20	16и—37и 30и—8и 2и—23и	1в 15в 29в	22в 36в 8в	
	54	9	27	26	20и—47и 38и—11и 2и—29и	1в 19в 37в	28в 46в 10в	
4	36	3	9	9—8	26и—35и 14и—23и 2и—11и	1в 25в 13в	10в 34в 22в	
	48	4	12	12—11	34и—46и 18и—30и 2и—17и	1в 33в 21в	13в 45в 36в	
	60	5	15	15—14	42и—57и 22и—37и 2и—20и	1в 41в 21в	16в 56в 36в	
	72	6	18	18—17	50и—68и 26и—14и 2и—20и	1в 49в 25в	22в 67в 43в	Симметричные выводы
	84	7	21	21—20	58и—79и 30и—51и 2и—23и	1в 57в 29в	22в 78в 50в	
	96	8	24	24—23	66и—90и 34и—58и 2и—26и	1в 65в 33в	25в 89в 57в	
6	54	3	9	9—8	44и—53и 14и—23и 35и—47и	1в 25в 49в	10в 34в 4в	
	72	4	12	12—11	58и—70и 18и—30и [illegible]	1в 33в 65в	13в 45в 5в	
	90	5	15	15—14	72и—87и 22и—37и 62и—77и	1в 41в 81в	16в 56в 6в	Несимметричные выводы
	108	6	18	18—17	[illegible] 26и—44и 74и—92и	1в 49в 97в	19в 67в 7в	
8	72	3	9	9—8	62и—71и 14и—23и 38и—47и	1в 25в 49в	10в 34в 58в	
	96	4	12	12—11	82и—94и 18и—30и 50и—62и	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Симметричные выводы
	120	5	15	15—14	102и—117и 22и—37и 62и—77и	1в 41в 81в	16в [illegible] 96в	
10	90	3	9	9—8	80и—89и 14и—23и 38и—47и	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
	120	4	12	12—11	106и—118и 66и—78и 26и—38и	1в 81в 41в	13в 93в 53в	Симметричные выводы
12	108	3	9	9—8	98и—107и 14и—23и 38и—47и	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
	144	4	12	12—11	130и—142и 82и—94и 34и—46и	1в 97в 49в	13в 109в 61в	Симметричные выводы

Продолжение

Число полюсов $2p$	Число пазов z	Число пазов на полюс фазу q	Шаг обмотки: задний $y_{2з}$	Шаг обмотки: передний $y_{2п}$	Перемычка фаз или поворотные соединения	Начала фаз	Концы фаз	Примечание
					2. Обмотки роторов с удлиненными переходами (двухслойные)			
2	24	4	12	13	16и—4и 24и—12и 8и—20и	1в 9в 17в	13в 21в 5в	
	30	5	15	16	20и—5и 30и—15и 10и—25и	1в 11в 21в	16в 26в 6в	
	36	6	18	19	24и—6и 36и—18и 12и—30и	1в 13в 25в	19в 31в 7в	
	42	7	21	22	28и—7и 42и—21и 14и—35и	1в 15в 29в	22в 36в 8в	Симметричные выводы
	48	8	24	25	32и—8и 48и—24и 16и—40и	1в 17в 33в	25в 41в 9в	
	54	9	27	28	36и—9и 54и—27и 18и—45и	1в 19в 37в	28в 46в 10в	
4	36	3	9	9—10	30и—3и 18и—27и 6и—15и	1в 25в 13в	10в 34в 22в	
	48	4	12	12—13	40и—4и 24и—36и 8и—20и	1в 33в 17в	13в 45в 29в	
	60	5	15	15—16	50и—5и 30и—45и 10и—25и	1в 41в 21в	16в 56в 36в	
	72	6	18	18—19	60и—6и 36и—54и 12и—30и	1в 49в 25в	19в 67в 43в	Симметричные выводы
	84	7	21	21—22	70и—7и 42и—63и 14и—35и	1в 57в 29в	22в 78в 50в	
	96	8	24	21—25	80и—8и 48и—72и 16и—40и	1в 65в 33в	22в 89в 57в	
6	54	3	9	9—10	48и—3и 18и—27и 42и—51и	1в 25в 49в	10в 34в 4в	
	90	5	15	15—16	80и—5и 30и—45и 70и—85и	1в 41в 81в	16в 56в 6в	Несимметричные выводы
	108	6	18	18—19	90и—6и 36и—54и 84и—102и	1в 49в 97в	19в 67в 7в	
8	72	3	9	9—10	66и—3и 18и—27и 42и—51и	1в 25в 49в	10в 34в 58в	
	96	4	12	12—13	88и—4и 24и—36и 56и—68и	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Симметричные выводы
	120	5	15	15—16	110и—5и 30и—45и 70и—85и	1в 41в 81в	16в 56в 96в	
10	90	3	9	9—10	84и—3и 54и—63и 24и—33и	1в 61в 31в	10в 70в 40в	Симметричные выводы
	120	4	12	12—13	112и—4и 72и—84и 32и—44и	1в 81в 41в	13в 93в 53в	

Примечание. в—верхний проводник в пазу; н—нижний проводник в пазу.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНЫХ РАБОТ

4-1. РАЗБОРКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Процесс разборки обычно начинают со снятия полумуфты или шкива стяжками (рис. 4-1), а в ремонтных мастерских — стационарным съемником (рис. 4-1а и в).

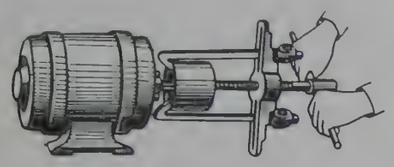


Рис. 4-1. Съемник для снятия шкива.

У короткозамкнутых электродвигателей при разборке снимают задний щит, т. е. щит со стороны шкива или муфты (рис. 4-1б), а передний остается на валу выведенного ротора.

При разборке электродвигателей больших габаритов и тяжелых по весу (мощностью выше 10 *квт*) во избежание повреждения статорной обмотки и активной стали ротор для выемки следует подвесить, предварительно уложив на всю длину активной стали и лобовых частей листы картона.

4-2. РАЗМОТКА

Если электродвигатель полностью перематывается, а старая медь не реставрируется, то для облегчения размотки лобовые части со стороны схемы обрубают, а медь частями извлекают из пазов вручную или стяжками.

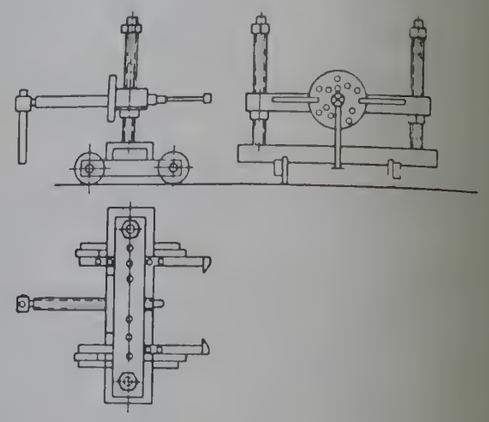


Рис. 4-1а. Приспособление для снятия шкивов и подшипников.

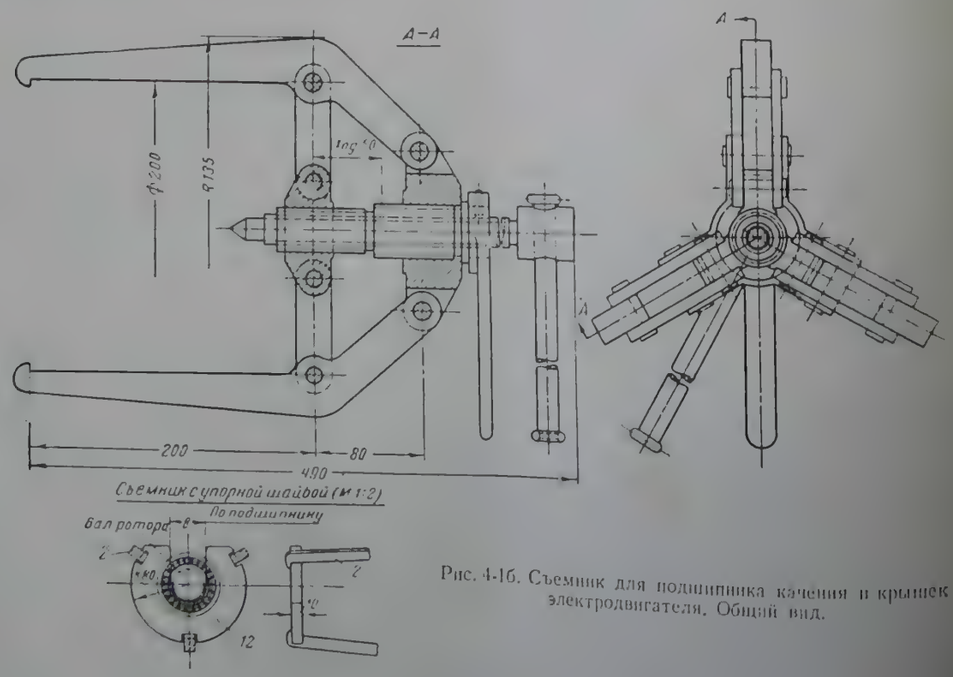


Рис. 4-1б. Съемник для подшипника качения и крышек электродвигателя. Общий вид.

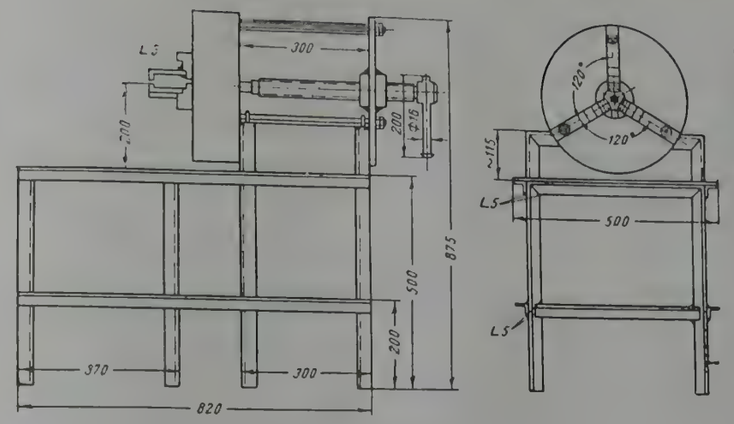


Рис. 4-1в. Стационарный съемник подшипников. Общий вид.

Если имеется в виду обмоточную медь реставрировать для повторного использования, то ее разматывают.

Так как обычно витки старой обмотки цементированы старым пропиточным лаком, для облегчения размотки следует статор предварительно нагреть до температуры, при которой лак размягчается. Нагревать статор можно в сушильной печи или индукционным методом (см. § 5-7).

Если электродвигатель перематывается по старым электрическим данным, то до размотки необходимо записать его обмоточные данные и внести их в журнал ремонта (см. приложение 1) с одновременным эскизированием схемы обмотки статора и ротора (фазного).

а) Определение необходимости полной перемотки

Для определения необходимости полной перемотки следует поврежденные секции выключить, а остальные, внешне исправные, до размотки испытать повышенным напряжением (см. § 5-16).

Для извлечения дефектной секции при частичном ремонте двухслойных обмоток необходимо секции поднять по шагу обмотки статора.

В аварийных случаях, когда требуется срочное проведение ремонта, поврежденную секцию можно выключить из схемы, разрезав ее и надежно заизолировав концы, а если возможно, удалить ее из паза, заполнив образовавшиеся пустые места деревянными клиньями. Количество выключенных секций не должно превышать 10% от общего числа секций одной фазы.

Выключение из схемы отдельных секций допустимо только при последовательном соединении всех катушек одной фазы и сопряжении фаз звездой. При параллельном соединении катушек или сопряжении фаз треугольником выключение катушек только одной фазы не рекомендуется, так как вследствие несимметричности параллельных цепей или обмоток фаз может возникнуть вибрация ротора и перегрев обмотки.

При частичном ремонте двухслойной обмотки напряжением до 500 *в* в зависимости от характера повреждения иногда, не прибегая к поднятию обмотки по шагу, производят ремонт следующим образом: поврежденную катушку разрезают с двух сторон и извлекают из пазов статора. При этом в одном пазу окажется незанятой его нижняя часть (дно паза), а в другом — верхняя.

Для укладки новой секции оставшуюся исправную верхнюю секцию в первом пазу после ее предварительного подогрева осаживают на дно паза и в образовавшиеся свободные места верхних частей обоих пазов укладывают новую катушку с тем же числом витков и сечением проводников, какое имела поврежденная катушка. Такая замена небольшого числа катушек практически не влияет на качество обмотки. При большом количестве поврежденных секций, т. е. больше двух-трех катушек, этот способ ремонта не рекомендуется.

б) Размотка стержневой обмотки фазного ротора

До начала размотки стержневой обмотки ротора следует составить эскиз расположения бандажей, указав на нем размеры бандажей и вылетов лобовых частей, расстояние от бандажей до активной стали и концов стержней обмотки, технические данные бандажа, т. е. число витков и слоев, рядов, размер проволоки, расположение, число и размер замков, а также схему существующей обмотки с указанием мест расположения перемычек.

Размотку начинают с распайки всех соединений обмотки, а выемку со стержней, лежащих в первому пазу, который обычно бывает помечен при изготовлении ротора. Если такой пометки на роторе нет, первый паз принимают

по своему усмотрению, закернив так на зубцах ротора. Так же обозначают и второй стержень, расположенный на расстоянии шага обмотки по пазам. При разборке обмотки забивают условных знаков следует отметить и те, по которым выполнен вводы и концы фаз в перемычке. Такое мероприятие облегчает

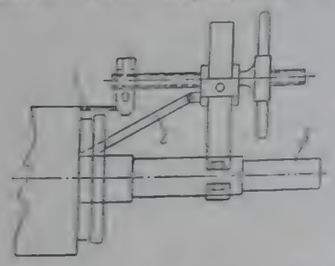


Рис. 4-2. Приспособление для выпрессовки роликов

работу обмотчика при намотке ротора, так как основная трудность при этой работе — согнуть лобовые части обмотки, переходящие вала в конусе рядом фаз и их перемычек.

Стержни вынимают со стороны привода крутящего или предохранительного (рис. 4-2), для чего лобовые части первого витка ряда по пазам изолятор ножом. Затем специальным (рис. 4-32).

После извлечения стержней верхнего ряда определяют размеры вылета лобовых частей. Длину такой части так у стержней нормальной формы так и укороченных или удлиненных (в зависимости от типа обмотки) и заносят в журнал ремонта. С такой же последовательностью и по той же технологии извлекают и стержни нижнего ряда.

По мере удаления в журнал ремонта записывают также размеры и ряд наблюдений стержней паза, бывших поврежденных и их крепления.

Пазы ротора очищают качество изоляции обмотки и при необходимости заменяют ее.

Так как лобовые части стержней обмотки ротора при перемотке подвергаются неоднократным изгибам (при разборке и монтаже), что ведет к появлению в металле хрупкости наклепа (повышенная твердость), необходимо для его устранения после выемки сердечника отжигать в специальных условиях в электропечи.

4-3. МЕХАНИЧЕСКИЙ РЕМОНТ

Качество ремонта механической части электродвигателя обеспечивается соблюдением правильной технологии ремонта и сборки.

Если ремонт поврежденных обмоток электродвигателя почти всегда нецелесообразен (исключением могут быть лишь электродвигатели устаревших типов и электродвигатели с увеличенным сверх норм воздушным зазором), то ремонт механической части электродвигателя может оказаться невыгодным, а иногда даже практически невозможным.

а) Исправление и замена поврежденного вала ротора электродвигателя

Электродвигатели часто выходят из строя из-за кривизны вала, превышающей установленные нормы, или забоин, коррозии и других дефектов на поверхности шеек вала.

Искривление вала может произойти во время его обработки на станке или при напрессовке на него пакета активной стали ротора, коллекторов или подшипников качения, а также вследствие неосторожности во время сборки, монтажа и эксплуатации электродвигателя.

Кривизна вала приводит к вибрации ротора, неравномерному распределению усилий и ускоренному срабатыванию подшипников скольжения и подшипников качения.

В асинхронных электродвигателях, у которых воздушной зазор между активной сталью ротора и статора мал, чрезмерная кривизна вала может привести к задеванию ротора за статор.

Для проверки величины кривизны вала ротор устанавливают в центрах токарного станка и, медленно вращая, с помощью индикатора определяют величину биения отдельных его участков.

Если кривизна вала незначительно превышает нормы, пакет ротора и шейки вала шлифуют на станке. При этом надо следить за тем, чтобы величина воздушного зазора не увеличилась более чем на 0,02—0,03 *мм*, а толщина шейки вала не оказалась ниже допустимой [*].

б) Правка вала

При изгибах вала до 0,10 *мм* на 1 *м* длины, но не более 0,20 *мм* на всю длину вала правка необязательна.

При изгибах до 0,3% от длины вала рекомендуется валы править в холодном виде.

При больших изгибах править следует в нагретом состоянии.

При наличии местных задиров на шейках вала площадью не более 3—4% величины поверхности шейки эти неисправности можно

[*] Допустимое радиальное биение шеек вала: при диаметре шейки 50 — 200 *мм* — 0,02 *мм*, а при диаметре 260 *мм* и более — 0,03 *мм*.

зашлифовать, не прибегая к общей проточке или общей шлифовке.

При больших размерах неисправностей их можно устранить методом проточки шейки вала, при этом диаметр шейки не должен уменьшаться больше чем на 5 - 6% его нормальной величины.

Для холодной правки вала в токарном станке следует предварительно определить не-

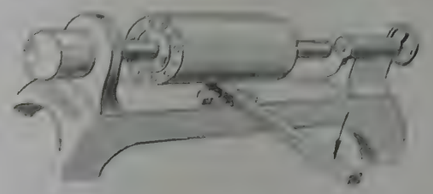


Рис. 4-3. Правка вала на станке.

сгибы, где следует приложить усилие правки. Ротор устанавливают в станке выпуклостью вниз, а на суппорте закрепляют простой карандаш или мел с таким расчетом, чтобы при поворачивании вала на его выпуклой стороне оставался след.

Во избежание повреждения поверхностей шейки станка на нее кладут деревянную подкладку, а под бочкой ротора — деревянный брусок, на который ложится рычаг (рис. 4-3). И

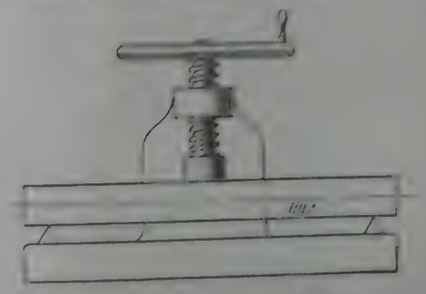


Рис. 4-4. Правка вала под прессом.

с рычага прилагается усилие, необходимое для выправки вала. Во время правки периодически проверяют степень уменьшения кривизны и ход правки.

Работу по правке продолжают до тех пор, пока его кривизна (биение) не будет доведена до допустимой нормы.

Описанным методом можно править только тонкие валы, не требующие больших усилий.

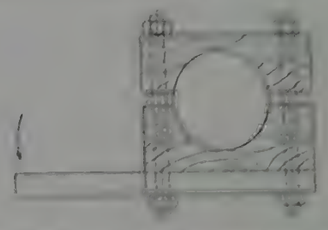
Если вал сильно [illegible] при диаметре [illegible] пользуется правку производить

гового или другого пресса методом давления на выпуклую сторону вала (рис. 4-4).

При правке вала под прессом необходимо по индикатору внимательно следить за величиной кривизны с тем, чтобы не перегнуть вал в противоположную сторону. Следует учесть, что после правки вал может несколько спружинить, поэтому некоторое время он оставляется в прессе в зажатом состоянии. Если же и после этого вал будет пружинить, его следует подвергнуть отжигу в печи.

в) Шлифовка шеек валов

Если при смене подшипников на поверхности шеек валов будут обнаружены дефекты в виде забоин, глубоких царапин, задиров или шероховатостей, их следует удалить так, чтобы шейки вала при этом сохранили свою ци-



линдрическую форму. Мелкие дефекты удаляют с поверхности шеек бархатным напильником, наждачной бумагой, смочив ее маслом. Бумага применяется в виде полосы длиной немного меньше длины шейки вала. После устранения дефектов необходимо шейки отполировать на шлифовальном станке, а при его отсутствии — с помощью приспособления, представляющего собой деревянную колодку (рис. 4-5); колодка изготовляется из бруска, в котором просверливают отверстие диаметром несколько меньше диаметра шейки вала и разрезают на половинки, при полировке эти половинки постепенно стягивают болтами.

Цилиндрическую поверхность отверстия колодки при полировке покрывают смесью, состоящей из мелкого наждачного порошка и масла. Колодке сообщают качательное движение рукой при одновременном поворачивании ротора.

Полировка облегчается, если ротор вращать в центрах токарного станка, на станине которого установлена колодка. Полировка производится до тех пор, пока шейка не станет [illegible]

ку следует промыть керосином, насухо протереть тряпкой и проверить, нет ли овальности и конусности.

Если диаметр вала превышает 80 *мм*, шейку вала можно проточить до размера, соответствующего подшипнику качения с номером, на единицу меньшим.

При ремонте электродвигателей с подшипниками скольжения допускается уменьшение диаметра шейки вала до 5% ее первоначального диаметра.

Если размеры прогиба вала таковы, что он не может быть выправлен или вал имеет какие-либо другие неисправимые дефекты, он должен быть заменен новым.

Выпрессовку вала из сердечника ротора производят при помощи винтового или гидравлического пресса. Новый вал изготавливают из стали марки Ст. 5 по образцу и конструктивным размерам старого. Если при распрессовке окажется, что сталь ротора слабо сидит на валу, новый вал изготавливают с учетом слабины посадки активной стали. Посадку активной стали ротора на новый вал ротора также производят при помощи винтового или гидравлического пресса.

4-4. ПОДШИПНИКИ

а) Перезаливка подшипников скольжения с кольцевой смазкой

Наиболее часто встречающийся вид ремонта подшипников скольжения с кольцевой смазкой — это перезаливка вкладышей или втулок.

Если при разборке выявилась необходимость замены вкладыша, то его надо перезалить.

Для перезаливки вкладыш или втулку надо вынуть из подшипника. Если вкладыш разъемный, то, сняв верхнюю крышку подшипника, снимают верхнюю половину вкладыша и, освободив болты крышки второго подшипника, слегка приподнимают (талью, домкратом, краном или другим приспособлением) конец вала с той стороны, где вкладыш вынимается для перезаливки. Подъем производится таким образом, чтобы вверху между ротором и статором не было касания, после чего, поворачивая нижнюю половину вкладыша наверх, ее вынимают.

После выемки половины вкладыша в воздушный зазор между ротором и статором укладывают лист картона соответствующей толщины и, опустив ротор на сталь статора, оставляют его лежать на время ремонта.

Если вкладыш неразъемный и состоит из втулки, запрессованной в подшипниковый щит, то перед извлечением следует выпустить масло из подшипника.

Обычно втулки плотно запрессовываются в подшипниковые щиты, поэтому для их извлечения необходимо приложить некоторое усилие.

Если для этой цели нет специального приспособления, выемку втулки производят, выколачивая ее легкими ударами молотка по деревянному бруску диаметром на 1—2 *мм* меньше диаметра вкладыша.

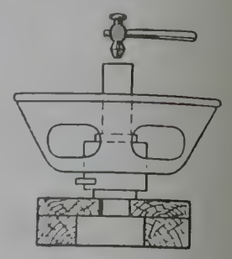


Рис. 4-6. Выбивка втулок подшипника.

Для удобства выбивки подшипниковый щит укладывают на деревянную выкладку, при этом укладку щита производят таким образом, чтобы втулка подшипникового щита, в которой впрессована втулка подшипника, лежала на жесткой опоре (рис. 4-6).

Ввиду того что при ударе молотком втулка щита может дать трещину, сильно ударять молотком не следует. Не следует также ударять непосредственно по втулке вкладыша, так как этим края втулки можно забить, что еще больше затруднит выемку.

Вынув вкладыш или втулку из подшипников, их следует тщательно промыть керосином и определить внутренние размеры, сохраняя при ремонте существующую конструкцию вкладыша, ничего в нем не меняя.

Процесс заливки вкладыша или втулки состоит в следующем: старая заливка (баббит) должна быть из вкладыша (втулки) выплавлена, а вкладыш (втулка) очищен от грязи и ржавчины, протравлен внутри кислотой и вылужен (см. § 4-12).

Для получения доброкачественной заливки ее следует производить после лужения внутренней поверхности вкладыша (втулки). Для заливки применяют баббиты (сплав из олова, свинца, сурьмы и меди). Для электродвигателей мощностью до 100 *квт* можно применять баббит марки Б-16 с критической температурой: 240° С — начало плавления и 410° С — конец плавления.

Плавится баббит в тигле или специальном ковше на горне. Температура сплава берется несколько больше температуры плавления, так как для хорошего заполнения сплав должен быть достаточно жидким. Баббит Б-16 должен быть нагрет до 450° С.

Перегревать баббит выше указанной температуры не рекомендуется, так как при перегреве сплав портится. Когда баббит начинает плавиться, его поверхность посыпают слоем древесного угля кусками диаметром не менее 5—10 *мм*, а толщина слоя угля должна быть порядка 30 *мм*. Уголь предохраняет баббит от окисления и угара.

Готовность баббита к заливке можно определить по углю, который при 450° С тлеет, а при большей температуре начинает интенсивно гореть.

Перед заливкой рекомендуется расплавленный баббит помешивать докрасна нагретым стальным прутом для равномерного распределения всех составных частей баббита.

Заливку следует производить непрерывной струей и держать ковш или тигель как можно ближе к заливаемому вкладышу (втулке). Во время заливки не следует снимать с поверхности баббита слоя древесного угля или накапливающейся пленки окиси, так как они предохраняют баббит от окисления; их следует только осторожно отодвигать в сторону. Для устранения раковин при заливке рекомендуется залитый баббит шуровать раскаленными докрасна стержнями. При заполнении вкладыша баббитом следует все время подогревать вкладыш и форму. Через 2—3 *мин* после окончания заливки вкладыш вместе с формой охлаждают водой. Охлаждение начинают снизу и постепенно переходят вверх.

Быстрое охлаждение необходимо для получения нормального качества баббита. Мелкие вкладыши (втулки) для валов диаметром до 50 *мм* можно искусственно не охлаждать.

После остывания вкладыш (втулку) протачивают внутри на токарном станке с определенным припуском на пришабровку его на месте по шейке вала.

Втулку для шабровки зажимают в тиски очень осторожно, дабы не повредить ее.

Выступающие места снимают треугольным шабером.

б) Подшипники качения

Подшипники качения снимают стационарным съемником (рис. 4-1а и 4-1в) или специальным приспособлением — съемником (рис. 4-7). Для снятия шарикоподшипников концы съемника заводят таким образом, чтобы они упирались на внутреннее кольцо шарикоподшипника, а конец болта упирался в торец вала. При вращении болта подшипник должен постепенно сползать.

Для облегчения съема можно предварительно подшипники качения подогреть, поливая на них в течение нескольких минут горячее минеральное масло, при этом вал должен быть накрыт асбестом или картоном.

У подшипников качения чаще всего срабатываются обоймы в местах их касания с телами качения (шарики, ролики), поэтому зазор между обоймой и телом качения нужно проверить щупом, методом ввода его пластин сначала в промежуток между телами качения, а затем, поворачивая вал, между обоймой и телом качения. При определении годности

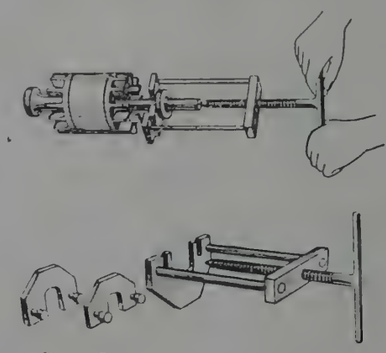


Рис. 4-7. Съемник шарикоподшипника.

подшипников качения не рекомендуется их оставлять с зазором между обоймой и телом качения выше допустимого (см. табл. 4-1).

Таблица 4-1

Величина максимально допустимых зазоров в подшипниках качения

Внутренний диаметр подшипника, *мм*	Радиальные зазоры, *мм*		
	в новых подшипниках (шариковых)	в новых подшипниках (роликовых)	максимально допустимые при износе подшипника
20—30	0,01—0,02	0,03—0,05	0,1
35—50	0,01—0,02	0,05—0,07	0,2
55—80	0,01—0,02	0,06—0,08	0,2
85—120	0,02—0,03	0,08—0,10	0,3
130—150	0,02—0,04	0,10—0,12	0,3

Примечание. Радиальным зазором подшипника качения является сумма зазоров между телами качения, измеряемых щупом по одному диаметру.

Осевым зазором (осевой игрой) является величина полного осевого смещения в обе стороны одного кольца относительно другого (в нормальных подшипниках не более 0,3 *мм*). Подшипники качения при одном и том же внутреннем диаметре могут иметь различные ширину и внешние диаметры, поэтому при разборке эти ширины следует проверить и записать.

в) Качество подшипников качения

В электроремонтной практике ремонт шариковых или роликовых подшипников производят чрезвычайно редко. Обычно изношенные и неисправные подшипники заменяют новыми.

Для оценки исправности подшипников качения и степени их разработки нет определенных объективных показателей.

Степень изношенности подшипников качения и их шума («нормальный» или «ненормальный») при ремонте электродвигателя обычно оценивают на основе личного опыта мастера ремонтного участка.

Качество подшипников рекомендуется определять, исходя из правильности посадки внешней обоймы в корпусе подшипника, допустимости величин аксиальных зазоров внешней обоймы в корпусе подшипника, нормальности радиальных зазоров тел качения в обоймах (их износ в беговых дорожках), плотности посадки внутренней обоймы на вал (отсутствие провертывания), состояния шариков (роликов), сепаратора и обоймы. При оценке качества следует учитывать, что посадка внешней обоймы в корпусе должна быть такой, чтобы обойма могла весьма медленно поворачиваться, двусторонний зазор обоймы в корпусе в зависимости от диаметра был в пределах 0,05—0,1 *мм*, а зажатие обоймы тела качения не нарушало их цилиндрической формы, так как это вызывает недопустимую нагрузку.

Внутренняя обойма подшипника должна прочно сидеть на валу и не поворачиваться относительно вала. При ударных и тяжелых нагрузках посадка должна быть более прочной, а при легких — более слабой.

Так как при работе электродвигателя его вал от нагрева удлиняется, у подшипников предусматриваются аксиальные зазоры, величина которых на обе стороны находится в пределах 0,3—0,4 *мм*.

Для ориентировки при определении причин дефектов в подшипниках качения можно руководствоваться табл. 4-2 и 4-3.

Проверку нагрева подшипников и характера их шума следует произвести путем подключения электродвигателя к сети, вращая его с номинальной скоростью. При исправных подшипниках и качественной смазке их температура может быть на 5—10° выше температуры щита. Если перегрев доходит до 60° С, необходимо определить причину перегрева, пользуясь табл. 4-1, 4-2 и 4-3, и при необходимости заменить подшипники.

Если при проверке будут установлены хорошее состояние и пригодность подшипников к дальнейшей работе, то их нужно аккуратно снять, промыть бензином и снова насадить на вал.

При чрезмерно тугой посадке наружной обоймы корпус подшипника может быть подшабрен, а при провертывании обоймы на валу посадочное место должно быть отремонтировано. Ставить какие-либо прокладки или керить вал недопустимо.

Небольшие коррозийные пятна на шлифованных поверхностях подшипников качения можно удалить окисью хрома; ее предварительно разводят в чистом шлифовальном масле до сметанообразного состояния и, обмакивая в эту массу кусок чистого войлока, протирают поврежденную поверхность до полного удаления коррозии.

Если при проверке состояния тел качения и беговых дорожек обнаружатся осипины, вмятины, трещины, следы коррозии и т. п., то подшипники необходимо заменить.

Все демонтированные старые подшипники могут быть реставрированы, поэтому они должны быть очищены от грязи, смазаны и переданы специализированным ремонтным предприятиям.

Таблица 4-2

Неисправности подшипников качения
Дефекты беговых дорожек

Деталь	Признаки		Причины
	Следы от катания шариков или роликов		
	Наружное (неподвижное) кольцо	Внутреннее кольцо	
Беговые дорожки	На половине кольца на дне дорожки	На дне дорожки по ширине	Длительная работа, нормальный износ, перегрузка
	В двух диаметрально расположенных местах	То же	Радиальное защемление (овальность) наружного кольца
	На дне дорожки (по ее ширине)	На дне дорожки (по ее ширине)	Чрезмерный натяг при посадке внутреннего кольца. Защемление шариков (роликов)
	Смещены к краю дорожки	Смещены к краю дорожки	Чрезмерная осевая нагрузка. Наружное кольцо не может двигаться в осевом направлении
	След перекошен под углом к беговой дорожке	Широкий след, параллельный краям дорожки	Перекос наружного кольца
	На одной половине кольца параллельно краям дорожки	Перекошен (под углом к беговой дорожке)	Перекос внутреннего кольца или кривизна вала

Таблица 4-3

Неисправности подшипников качения
Прочие дефекты

Признаки	Причины
Отшлифованная матовая поверхность	Попадание пыли, наличие золы (твердого вещества) в смазке
Сработка беговой дорожки	То же
Шероховатая поверхность	Перегрузка, неточная сборка
Чешуйчатые разрушения	Длительный срок службы—износ. Попадание воды
Следы действия кислот	Содержание кислот в смазке
Ржавчина	Попадание воды
Отпечатки шариков (роликов)	Посадка с чрезмерным натягом или удары при сборке
Мелкие отпечатки	Попадание посторонних тел
Оплавленные и содранные места	Прохождение тока
Следы вращения внутреннего кольца на валу или наружного в корпусе	Слабая посадка
Чешуевидное разрушение поверхности шариков	Длительный срок службы—износ. Перегрузка
Разрушение поверхности половины шарика	Шарик зажат сепаратором. Перегрузка
Шарик раскололся	Перегрузка
Износ торцов	Чрезмерная осевая нагрузка
Разрушение сепаратора	Работа без смазки. Осевое заземление
Шум подшипника	Износ деталей. Зажаты шарики. Нет смазки. Дефект изготовления
Тугой ход подшипника	Загрязнение
Нагревание подшипника	Плохая смазка. Зажаты шарики. Трение в уплотнении

г) Посадка подшипников

Посадка подшипника на вал является весьма ответственной операцией, так как перекос внутреннего кольца подшипника при посадке может привести к задиру поверхности или изгибу шейки вала, а устранение этих повреждений представляет большие трудности.

Для обеспечения напряженной посадки на вал электродвигателя подшипники качения до посадки предварительно нагревают. Нагревание должно быть равномерным во всех частях подшипника при определенно заданной температуре (не выше 95° С). Обычно нагревание производят в масляной ванне; при этом методе подшипники нагреваются равномерно (рис. 4-8).

Для большей производительности нагревать подшипники можно индукционным методом в течение 2—3 *мин*.

На рис. 4-8а приведена конструкция индукционного нагревателя, обеспечивающая равномерный нагрев подшипников. Нагреватель состоит из П-образного ступенчатого сердечника, на который насаживают подшипник.

д) Расчет индукционного нагревателя для нагревания подшипников

1. Количество энергии, необходимое для нагрева подшипника до температуры $T_п$, определяют по формуле

$$Q = cGT_п \ [кал \cdot сек],$$

где $T_п = T_2 - T_1$ (T_2 — требуемая температура, T_1 — температура окружающей среды);
c — теплоемкость стали, $кал \cdot сек/кг \cdot град$;
G — вес подшипника, *кг*.

2. При задаваемой продолжительности $t_п$ нагрева одного подшипника выделяемая в нагреваемой детали средняя мощность $P_{ср}$ будет:

$$P_{ср} = \frac{Q}{t_п} \ [квт].$$

3. Расчетную мощность нагревательного устройства (магнитной цепи и обмотки) вычисляют по эмпирической формуле

$$P = K \cdot P_{ср},$$

где $K = 1{,}2 - 1{,}4$.

4. Число витков обмотки нагревателя определяют по формуле

$$n = \frac{U_c}{e_0},$$

где n — число витков обмотки нагревателя;
U_c — напряжение сети;
e_0 — напряжение на один виток.

Величина e_0 должна быть такой, чтобы обеспечить нагрев в течение заданного времени, равного $t_п$. Обычно $e_0 = 2$ *в*.

5. Ток в обмотке определяют по формуле

$$I = \frac{P}{U_c}.$$

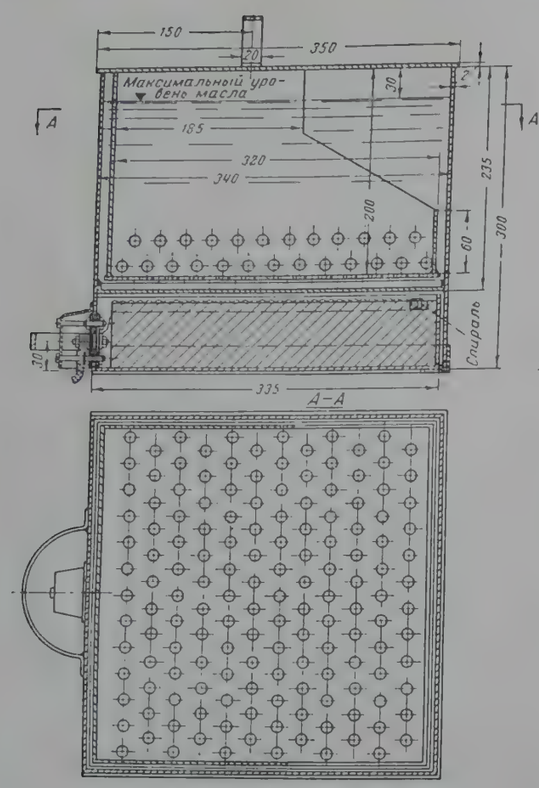


Рис. 4-8. Масляная ванна для нагрева подшипников. Общий вид.

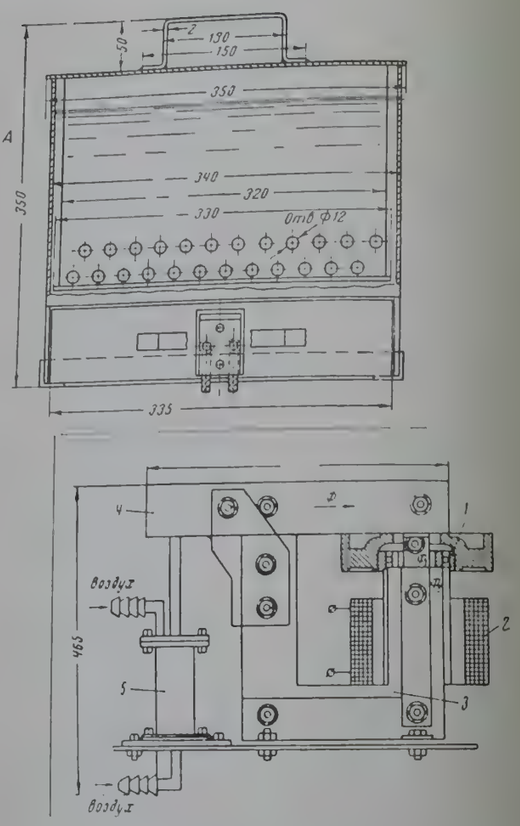


Рис. 4-8а. Индукционный нагреватель.
1 — подшипник; *2* — катушка; *3* — магнитопровод; *4* — ярмо; *5* — пневматический цилиндр.

6. Сечение провода выбирают, исходя из плотности тока, равной 1,8—2 *а/мм*^{2}.

е) Подгонка подшипников качения и замена неисправного подшипника

Неисправный подшипник заменяют подшипником того же номера, что и заменяемый, или по табл. 4-6. Номера подшипников обычно выбиты на торцах колец. При отсутствии номера и размеров выбирать подшипник можно по табл. 4-4 и 4-5.

В асинхронных электродвигателях единой серии А и АО мощностью до 10 *квт* применяются два одинаковых подшипника, а выше 10 *квт* в электродвигателях, у которых нагрузки на подшипниках разные, со стороны привода ставят роликовые, а на другой стороне — шариковые подшипники одинаковых габаритов.

В электродвигателях серии А и АО предусмотрена линейная компенсация (зазоры в пределах 0,5—0,8 *мм* между наружным кольцом подшипника и бортиком крышки), что облегчает расширение вала при нагреве.

В электродвигателях старых серий линейная компенсация применялась со стороны одного подшипника.

В электродвигателях с тяжелыми условиями работы применяются роликовые подшипники, так как они выдерживают бо́льшие нагрузки, чем шариковые этих же размеров.

Если наружный диаметр заменяющего подшипника меньше наружного диаметра заменяемого, можно прибегнуть к запрессовке в гнездо подшипникового щита наружной втулки (*НВ*).

Если ширина заменяющего подшипника не соответствует ширине заменяемого, можно для ограничения осевого разбега ротора ставить упорное кольцо (*УК*).

Если внутренний диаметр заменяющего подшипника не соответствует внутреннему

Таблица 4-4

Подшипники качения, применяемые в электродвигателях

Тип электродвигателя		Мощность электродвигателя, *квт*	№ подшипника со стороны	
			шкива	вентилятора
ТТ	5	1,5—2,2	306	206
	6	2,2—3,2	307	306
	7	2,8—4,5	307	306
МТО	15	4,3—5,7	208	208
	17	3,8—7,5	308	308
	18	4,5—8,9	308	308
ТАГ	21	0,75—1	206	206
	22	1,2—1,75	206	206
	31	2,2—2,85	208	208
	32	3,2—4,5	208	208
	41	0,4	203	203
	42	0,62	203	203
	51	1,0	205	205
	52	1,5	205	205
МКА	13	2,5	307	206
(МКБ)	14	3,5—5,5	307	206
	15	4,8—7,4	308	206
	17	4,8—11	2310	208
	18	5,6—14,7	2310	208
	19	8,8—18,5	2310	308
Р	41	2,4—4,5	307	307
(„Урал")	42	3,3—5,8	307	307
51, 52,	53	4—12	309	309
АТ	21	0,55—1,6	305	303
	22	0,85—2,2	305	303
	31	1,2—3,2	306	305
	32	1,8—4,2	306	305
	41	2,7—5,1	307	305
	42	3,5—7,1	307	306
	51	2,8—10	309	307
	52	3,5—12	309	307
АЗР и	33	—	2309	309
АЗРФ	34	—	2309	309
	43	—	2311	311
	44	—	2311	311
МА	142	2,7—8	2310	310
	143	8—16	2312	312
	201	5,7—10,4	210	308
	202	6,1—17	311	308
	203	11—28,5	2314	310
	204	18,1—48	2315	312
	205	30—72	2316	315
	206	41—105	2416	315

диаметру заменяемого (больше), можно на шейку вала напрессовать внутреннюю втулку (*ВВ*) (рис. 4-9).

При установке *НВ*, *ВВ* и *УК* необходимо соблюдать следующие требования.

Втулка *НВ* должна иметь внутренний диаметр, соответствующий наружному диаметру заменяющего подшипника и обеспечивающий необходимый натяг при его посадке на вал. Ширина втулки должна равняться ширине наружного кольца заменяемого подшипника.

Втулка *ВВ* должна иметь наружный диаметр, соответствующий внутреннему диаметру заменяющего подшипника и обеспечивающий необходимую плотность посадки. Ширина

Таблица 4-5

Шариковые и роликовые подшипники, применяемые в электродвигателях серий А и АО

Тип асинхронного электродвигателя	№ подшипника со стороны привода при скорости вращения, *об/мин*		№ подшипника со стороны противоположной приводу при скорости вращения, *об/мин*	
	3 000	1 500, 1 000, 750	3 000	1 500, 1 000, 750
А и АО31 и 32	304	304	304	304
А и АО41 и 42	305	305	305	305
А и АО51 и 52	308	308	308	308
А61 и А62	308	310	308	310
АО62 и 63	308	310	308	310
А71 и 72	310	312	310	2312
АО72 и 73	310	312	310	2312
А81 и 82	312	314	312	2314
АО82 и 83	312	314	312	2314
А91 и 92	314	317	314	2317
АО93 и 94	314	317	314	2317

этой втулки должна равняться ширине внутреннего кольца заменяемого подшипника.

Упорное кольцо *УК* должно иметь толщину, равную разности ширины заменяемого и заменяющего подшипника.

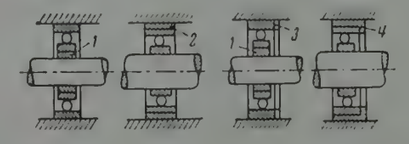


Рис. 4-9. Ремонтные втулки и кольца, применяемые при замене подшипников.
1 — внутренняя втулка (*ВВ*); *2* — наружная втулка (*НВ*); *3* — упорное кольцо вместе с внутренней втулкой (*УК*); *4* — упорное кольцо вместе с наружной втулкой.

ж) Пополнение смазки

Надежная работа подшипников качения, применяющихся в асинхронных электродвигателях мощностью до 100 *квт*, в значительной степени зависит от обеспечения необходимой смазкой. Наиболее употребительная смазка — консистентная.

В табл. 4-7, 4-8 и 4-9 приведены характеристики некоторых марок смазок и рекомендуемые сроки их смены. Работоспособность смазки может быть характеризована фактором скорости dn, где d — внутренний диаметр подшипника, *мм*; n — скорость вращения, *об/мин*. Например, при температуре 70° С $dn \leq 50\,000$ *мм · об/мин* смазка УТВ (1—13) работоспособность подшипника может сохраняться в течение 3 и более лет, а при $dn \geq 50\,000$ — не более нескольких сотен часов.

Для надежной защиты подшипников от проникновения абразивной пыли и влаги все

Таблица 4-6

Замена подшипников качения у асинхронных электродвигателей

Заменяемый/основной подшипник: № подшипника	Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина	Заменяющий подшипник: № подшипника	Несовпадающие размеры: Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина	Дополнительно вставить упорное кольцо (УК), внутреннюю втулку (ВВ), наружную втулку (НВ) Рис. 4-9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
[illegible]	15	[illegible]	11	[illegible]	—	—	—	—
[illegible]	17	[illegible]	[illegible]	1203	—	—	—	—
[illegible]	20	[illegible]	14	1204	—	—	—	—
205	25	[illegible]	[illegible]	1205	—	—	—	—
206	30	[illegible]	[illegible]	1206; 2206	—	—	—	—
207	35	[illegible]	[illegible]	1207	—	—	—	—
208	40	[illegible]	[illegible]	1208; 2208	—	—	—	—
210	50	[illegible]	[illegible]	1210; 2210	—	—	—	—
[illegible]	[illegible]	47	14	1303 (204)	[illegible]	—	—	ВВ
[illegible]	20	[illegible]	[illegible]	1304 (204) (205); (1205)	—	—	14 16	НВ и УК НУ и УК
[illegible]	25	[illegible]	17	1305 (206); (1206); (2206)	[illegible]	—	16	ВВ и УК ВВ и УК
[illegible]	30	[illegible]	19	1306 (207); (1207) (2207)	—	—	— 17	ВВ и УК
[illegible]	[illegible]	80	[illegible]	1307, 2307 (207) (1207) (208); (1208); (2208)	— 49	[illegible]	— [illegible]	ВВ НВ и УК ВВ и УК
308	40	[illegible]	[illegible]	1308, 2308 (208); (1208) (2208) (210); (1210); (2210)	— 50	[illegible]	18 20	НВ и УК НВ ВВ и УК
309	45	100	[illegible]	1309; 2309; 32309 (209); (1209) (211); (1211); (2211)	— [illegible]	[illegible]	19 21	ВВ и УК ВВ и УК
310	50	110	27	1310; 2310 32310 (212); (2212)	— 60	—	— [illegible]	ВВ и УК
311	55	[illegible]	[illegible]	1311; 2311 (213)	— [illegible]	—	23	ВВ и УК
312	60	[illegible]	31	1312; 2312 (215)	— [illegible]	—	25	ВВ и УК
[illegible]	[illegible]	150	[illegible]	1314; 2314 (217)	— [illegible]	—	[illegible]	ВВ и УК
[illegible]	[illegible]	160	37	1315; 2315 (218); (1218); (2218)	— 90	—	[illegible]	ВВ и УК
[illegible]	[illegible]	180	41	2317 (220); (2220)	— 100	—	[illegible]	ВВ и УК
[illegible]	[illegible]	110	[illegible]	1408 (212); (1212) (310); (1310); (2310) (32310)	— 60 [illegible] [illegible]	—	[illegible]	ВВ и УК ВВ
[illegible]	[illegible]	120	[illegible]	1409 (311); (1311); (2311) (1213) (1309)	— [illegible] [illegible]	— 100	— 23 [illegible]	ВВ ВВ и УК НВ и УК
[illegible]	[illegible]	140	[illegible]	2411 (313); (2313)	[illegible] 65	—	—	ВВ ВВ
413	65	[illegible]	[illegible]	(2413); (32413) (315); (2315)	— [illegible]	—	—	ВВ

Примечания: 1. В скобках указаны номера подшипников, замена которыми не рекомендуется и применяется лишь в крайних случаях.

2. Прочерками отмечены размеры, совпадающие с размерами заменяемого подшипника.

3. При несовпадении размеров заменяемого и заменяющего подшипников ставят вспомогательные внутренние втулки (ВВ) или наружные (НВ). Если ширина заменяемого подшипника больше, чем ширина заменяющего, ставят упорное кольцо (УК) (см. и с)

Таблица 4-7

Характеристики некоторых марок смазок

Марка смазки	Пределы температуры подшипника качения (от °С до)	Фактор скорости d n, мм-об/мин (до)	Расчетная нагрузка подшипника Q, кг	Рекомендуемые сроки смены смазки
УТВ (1—13) ГОСТ 1631-52	—20+70	50 000	500	Через 4 000 ч работы, но не реже 1 раза в 3 года
Заменитель: 1—13 по ПНТУ 5-58	—20+80	100 000	1 000	Через 3 000 ч работы, но не реже 1 раза в 2 года
ЦИАТИМ 203 ГОСТ 8773-58	—20+95	300 000	3 000	Через 1 000 ч работы, но не реже 1 раза в 6 мес.
	—50+80	100 000	500	Через 4 000 ч работы, но не реже 1 раза в 2 года
ВНИИНП-220 ВТУ НП-17-58 Заменитель:	—50+90	300 000	1 000	Через 2 000 ч работы, но не реже 1 раза в год
	—50+100	300 000	3 000	Через 1000 ч работы, но не реже 1 раза в 6 мес
	—60+100	100 000	1 000	Через 4 000 ч работы, но не реже 1 раза в 2 года
ЦИАТИМ-221 ТУ МНП 396-56	—60+120	250 000	2 000	Через 2 000 ч работы, но не реже 1 раза в 6 мес.
ВНИИНП 211 ВТУ НП 37-59	—60+150	350 000	3 000	Через 500 ч работы, но не реже 1 раза в 3 мес.
	—60+150	100 000	3 000	Через 500 ч работы, но не реже 1 раза в 3 мес.
	—60+180	200 000	3 000	Через 250 ч работы, но не реже 1 раза в месяц

Таблица 4-8

Смазка для подшипников качения электродвигателей

Наименование смазки	Температура застывания, °С, но не выше	Вязкость	Температура каплепадения, °С не ниже
Смазка универсальная, тугоплавкая, водостойкая УТВ (смазка 1—В жирная) ГОСТ 1631-52	—35	Равняется вязкости минерального масла, входящего в смазку При 50° С	120
Смазка универсальная среднеплавкая синтетическая УСс (солидол синтетический) Марка по ГОСТ 4366-56:			
УСс-1		41—53	70
УСс-2		19—53	75
УСс-3		41—53	85

Примечание. Удельный вес смазок, приведенных в этой таблице, составляет при 15—20° С около 0,805 г/см³. Их щелочность не превышает 0,2%.

Таблица 4-9

Смеси смазочных масел

Вязкость смеси масел в градусах при 50° С	Сорта смешиваемых масел	Пропорции смешиваемых сортов в частях
3	1. Индустриальное 12 (веретенное 2)	1
	Индустриальное 30 (машинное Л)	2
	2. Индустриальное 12 (веретенное 2)	11
	Индустриальное 45 (машинное С)	9
4	1. Индустриальное 12 (веретенное 2)	3
	Индустриальное 45 (машинное С)	7
	2. Индустриальное 20 (веретенное 3)	1

Продолжение табл. 4-9

Вязкость смеси масел в градусах при 50° С	Сорта смешиваемых масел	Пропорции смешиваемых сортов в частях
4	Индустриальное 45 (машинное С)	1
	3. Индустриальное 25 (веретенное 3)	2
	Автол 10	1
6	1. Индустриальное 12 (веретенное 2)	1
	Автол 10	6
	2. Индустриальное 30 (машинное Л)	2
	Автол 10	3

промежутки между вращающимися и неподвижными деталями уплотнений должны тщательно заполняться смазкой.

Подшипниковые камеры [illegible] образования [illegible] электрического заряда [illegible] должна зависеть в зависимости от фактора [illegible]. При $d = 0{,}00006$ [illegible] должен обла[illegible] [illegible] при [illegible] $2 \cdot 5 = 0{,}00006$ [illegible] $\cdot$ [illegible] — не [illegible]%.

В масла условно [illegible] [illegible]. Вязкость [illegible] [illegible] [illegible]

В процессе работы рычаг *2* и контакт *9* непрерывно охлаждаются проточной водой, поступающей по шлангу *4*. Рычаг *5* служит для прижатия электрода *7* к кольцу ротора. Медно-фосфористый припой в форме прутка помещают на поверхности кольца около электрода

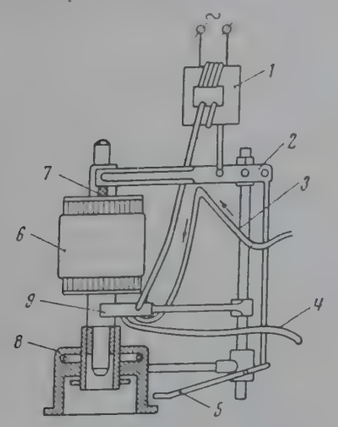


Рис. 4-11. Установка для пайки стержней с кольцами короткозамкнутых роторов.

7. В качестве флюса применяется порошок буры.

Пайка стержней с короткозамыкающими кольцами производится последовательно, для чего стол с ротором периодически поворачивают.

д) Определение конструктивных данных беличьей клетки с медными стержнями и ее отдельных конструктивных элементов

1) Беличья клетка со стержнями из круглой меди

1. Диаметр стержня $d_c = d_п - 0{,}3$ *мм*, где $d_п$ — диаметр паза ротора, *мм*.

2. Сечение стержня составит: $q_c = 0{,}785 d_c^2$ [*мм*²].

3. Сечение короткозамыкающего кольца $q_к \approx 0{,}4 \frac{z_2}{2p} q_c$ [*мм*²],

где z_2 — число пазов ротора.

4. Высота кольца (после обработки)

$$h_к = (2 \div 3)\, d_c \ [мм].$$

5. Толщина кольца $b_к = \frac{q_к}{h_к}$ [*мм*], но не менее диаметра d_c.

Если по расчету толщина окажется меньше диаметра стержня d_c, сечение кольца $q_к$ следует увеличить так, чтобы

$$d_c = \frac{q_к}{h_к}.$$

6. Наружный диаметр кольца (после обработки)

$$D_к = D_{a_2} - 2h_s \ [мм],$$

где D_{a_2} — диаметр активной стали ротора;

h_s — высота шлица паза ротора.

7. Длина стержней

$$l_c = l_2 + 2b_к + (50 \div 60) \ [мм],$$

где l_2 — длина сердечника ротора.

8. Вес медных стержней

$$G_c = 8{,}9 z_2 l_c q_c \cdot 10^{-6} \ кг.$$

9. Вес обоих замыкающих колец

$$G_к = 56\,(D_к - h_к) q_к \cdot 10^{-6} \ кг.$$

2) Беличья клетка с медными стержнями прямоугольной формы

1. Толщина стержня $b_c = a_c - 0{,}4$ *мм*, где a_c — ширина паза ротора.

2. Высота стержня $h_c = h_z - 1{,}2$ *мм*, где h_z — высота паза ротора.

Полученные размеры округляются до ближайших стандартных размеров.

3. Сечение стержня $q_c = 0{,}985 b_c h_c$ [*мм*²].

4. Сечение короткозамыкающего кольца берут по формуле

$$q_к \approx 0{,}4 \frac{z_2}{2p} q_c \ [мм^2],$$

где z_2 — число пазов ротора.

5. Высота короткозамыкающего кольца $h_к = (1{,}2 \div 1{,}6) h_c$ [*мм*].

6. Толщина кольца $b_к = q_к / h_к$ [*мм*], но не менее 8 *мм*. Если толщина кольца по расчету получится меньше 8 *мм*, ее следует принять равной 8 *мм*, что соответственно увеличит и сечение кольца.

7. Наружный диаметр кольца определяется формулой

$D_к = (D_{a2} - 2{,}4) - (0{,}4 \div 0{,}8)\ h_c$ [*мм*], где D_{a2} — диаметр активной стали ротора.

Формулы для определения длины стержней и веса меди стержней и колец те же, что и для клетки с круглыми стержнями.

При стержне прямоугольной формы короткозамыкающие кольца окончательно обрабатывают до соединения их со стержнями. При круглых стержнях наружный диаметр кольца предварительно берут с припуском в 6—8 *мм* и протачивают до требуемого размера после соединения со стержнями.

3) Беличья клетка из алюминиевого сплава

В роторах с беличьей клеткой, залитой алюминиевым сплавом, наблюдаются разрывы и трещины замыкающих колец, обрывы стержней или трещины и усадочные раковины.

Рис. 4-12. Запайка трещин в стержне ротора или короткозамкнутого кольца.

При наличии в одном кольце не более двух-трех неглубоких трещин для их заделки допускается пайка припоем, состоящим из 67% алюминия, 21% олова и 12% меди. Припой приготавливают в виде прутков диаметром 6—8 *мм* и длиной 150—200 *мм*. Температура плавления припоя около 380° С.

До начала пайки поврежденные участки должны быть аккуратно подрублены с расширением к основанию (в виде ласточкина хвоста) (рис. 4-12), тщательно очищены от грязи, прогреты паяльной лампой или электрическим паяльником до температуры 400—450° С. Такая температура должна поддерживаться до тех пор, пока пайка не будет закончена. Пайка производится простым прикосновением палочки припоя к поврежденному месту. Для удобства пайки и обеспечения надлежащего качества ее ротор должен быть установлен так, чтобы ремонтируемый участок замыкающего кольца или стержня занимал горизонтальное положение. По окончании пайки излишки припоя и наплывы должны быть сняты стальной гладилкой.

При большом количестве трещин, а также при обрыве стержней или наличии пустоты в пазах ротор следует полностью перезалить. До перезаливки из пазов ротора должна быть выплавлена старая алюминиевая клетка, для чего ротор предварительно нагревают в печи при 700—750° С.

Для удаления старой алюминиевой клетки может быть применен также химический способ, заключающийся в следующем: ротор предварительно подогревают до 30—35° С, погружают в ванну с крепким раствором едкого натра (до 42—45° С). Через 1—2 суток алюминий растворится. Освобожденный от алюминия и вынутый из ванны ротор тщательно промывают водой и сушат при температуре 70—80° С. Этому способу следует отдать предпочтение, так как при удалении алюминиевой обмотки путем нагрева ротора до 700—750° С пакет активной стали ротора может деформироваться.

Для заливки роторов применяют алюминиево-марганцовистый сплав с содержанием марганца до 2—3%. Применение старого выплавленного алюминия не допускается. Следует иметь в виду, что увеличение содержания марганца резко повышает удельное сопротивление сплава и снижает его пластические свойства.

В ремонтных мастерских, где отсутствуют специальные установки для центробежной алюминиевой заливки короткозамкнутых роторов, можно пользоваться статическим и вибрационным методами заливки.

4) Статический метод заливки короткозамкнутых роторов с беличьей клеткой из алюминиевого сплава

Статический метод заливки короткозамкнутых роторов прост, не требует специального оборудования, но не всегда обеспечивает должное заполнение пазов ротора, особенно пазов с диаметром отверстия менее 7—8 *мм*, так как при этом способе заливки низкая текучесть расплавленного алюминия препятствует получению доброкачественной заливки, а заполнение пазов происходит под действием собственного веса металла и гидростатического давления, развиваемого весьма незначительным по высоте слоем металла в литнике. Низкая текучесть расплавленного алюминия затрудняет получение доброкачественной заливки статическим методом.

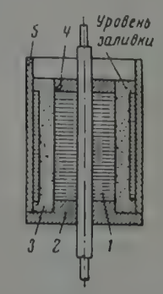


Рис. 4-13. Форма для перезаливки алюминиевой обмотки ротора.

1 — тело ротора; *2* — нижнее ступенчатое кольцо; *3* — заливка; *4* — верхнее кольцо; *5* — трубка-форма.

Для повышения статического давления металла применяются высокие литники; высота литника может быть выполнена в зависимости от потребного статического давления и определяется по формуле

$$p = \frac{h\gamma}{1\,000},$$

где p — статическое давление, *кГ/см*².

h — высота литника, *см*;

γ — плотность расплавленного алюминия, равная 2,3 *г/см*³.

Для получения беличьей клетки с вентиляционными крыльями до заливки активную сталь ротора насаживают на оправку с чугунными формами сверху и снизу, образующими короткозамыкающие кольца обмотки вместе с вентиляционными крыльями (рис. 4-13).

До заливки сталь ротора нагревается в нагревательной печи до 500° С.

Для удаления воздуха из пазов, который при заливке является причиной появления раковин и трещин в стержнях, ротор с оправкой следует устанавливать в наклонном положении (рис. 4-14) и в таком виде производить заливку.

Заливка производится при температуре алюминиевого сплава 800—850° С, а температура нагретой стали ротора должна быть 500° С.

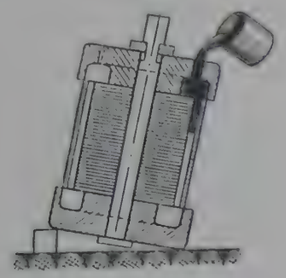


Рис. 4-14. Статическая заливка ротора.

Повышать температуру сплава и стали ротора нельзя, так как способность алюминия и его сплавов к окислению пропорциональна его температуре.

Для повышения качества заливки следует придерживаться нижних пределов температуры сплава.

5) Вибрационный метод заливки короткозамкнутых роторов алюминиевым сплавом

Наилучшим методом заливки ротора в мастерских является вибрационный метод. Заливка короткозамкнутых роторов вибрационным методом получила широкое распространение в связи с тем, что этот способ заливки гораздо проще, чем центробежный, особенно если учесть, что при ремонтах приходится иметь дело с разными роторами, отличающимися как по габаритам, так и по размерам и формам беличьих клеток, что при центробежной заливке потребовало бы изготовления отдельных приспособлений.

Сущность вибрационного метода заключается в том, что в процессе заливки ротору сообщается колебательное движение, которое вызывает в жидком металле силы инерции, повышающие внутреннее давление и способствующие хорошему заполнению пазов. Колебательное движение сообщается ротору как в процессе заливки, так и в период кристаллизации сплава, т. е. после заливки в период остывания.

Возникающие в сплаве силы переменного характера вызывают образование большого числа центров кристаллизации, в результате чего отливка получается мелкокристаллического строения, обеспечивающая получение беличьей клетки удовлетворительного качества.

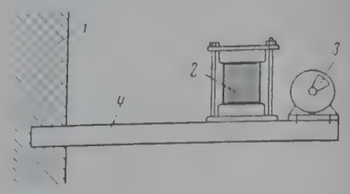


Рис. 4-15. Схема установки для вибрационной заливки ротора.

1 — стена; *2* — ротор; *3* — двигатель с дисбалансом; *4* — плита.

На рис. 4-15 схематически показано простейшее вибрационное устройство, состоящее из опорной плиты в виде консольной балки, неподвижно закрепленной с одной стороны, и вылетом, равным около 0,8 *м*. На свободный конец балки устанавливают электродвигатель переменого тока на 1 000 или 1 500 *об/мин*, мощностью 0,25—0,5 *квт*, на конце вала которого крепится дисбаланс (односторонний груз), прикрываемый для безопасности защитным кожухом. При вращении электродвигателя дисбаланс передает на плиту возбуждающую силу, в результате которой плита начинает вибрировать.

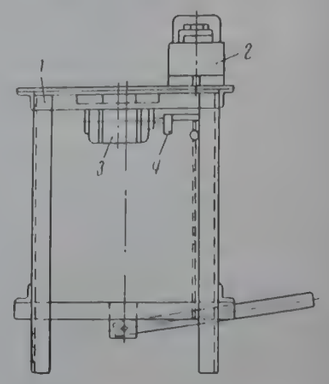


Рис. 4-15а. Вибрационная заливка ротора.

На рис. 4-15а показана другая конструкция вибрационного устройства, состоящая из металлического стола *1*, формы для заливки *2*, электродвигателя *3* мощностью 0,25 *квт* и небалансного диска на конце вала *4*.

4-6. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Правильный выбор изоляции для ремонтируемых электродвигателей очень важен, так как изоляция в значительной мере определяет и эксплуатационную надежность электродвигателя.

В зависимости от выбранной толщины изоляции можно поместить в паз большее или меньшее количество проводников.

Толщина изоляции обмотки определяет коэффициент заполнения паза.

Сложность выбора толщины изоляции электродвигателей состоит в нахождении необходимого оптимума, при котором электродвигатель имел бы необходимую эксплуатационную надежность и изоляция не стоила бы слишком дорого.

Такие оптимумы могут быть установлены только на основании накопленного опыта. Поэтому при ремонтах не рекомендуется без достаточного основания изменять принятые и проверенные практикой толщины изоляции и особенно уменьшать их, если при этом не предполагается модернизация электродвигателя.

Изоляция статорных обмоток (полузакрытый паз)

Толщину основной изоляции низковольтных электродвигателей выбирают главным образом исходя из механических соображений, при этом конфигурация изоляции статорных обмоток относительно паза главным образом определяется геометрией паза и способом укладки обмотки в паз.

При выборе изоляционных материалов в основном исходят из вида исполнения электродвигателя (открытое, закрытое, взрывобезопасное) и допустимого перегрева обмотки.

Для электродвигателей с полузакрытым пазом и всыпной обмоткой применяется изоляция класса А.

В настоящее время широкое применение получили высококачественные синтетические пленки (триацетатная и др.) для изоляции обмоток низковольтных электродвигателей, особенно с полузакрытым пазом.

В приложении IV приведена конструкция изоляции асинхронных электродвигателей с однослойной обмоткой мощностью 0,6—7 *квт* единой серии А и АО, у которых пленка использована в качестве основной изоляции; при этом намотка электродвигателей с изоляцией из пленкоэлектрокартона благодаря ее гладкости и твердости затруднений не вызывает.

В приложении V приведены конструктивные данные изоляции класса А и технологический процесс по изоляции для электродвигателей с двухслойной всыпной обмоткой мощностью до 100 *квт* единой серии А и АО.

Такие же данные приведены в приложении VII, но для изоляции класса В.

В приложениях VI и VIII для этих же электродвигателей приведены технология изоляции и данные на изоляцию межкатушечных соединений, соединений катушек с выводным кабелем и с кольцевым проводом, соединение кольцевого провода с выводным кабелем, изоляция кольцевого провода и бандажировка соединений.

4-7. ИЗОЛЯЦИЯ ОБМОТОК СТАРЫХ СЕРИЙ ПРИ ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ

Толщина витковой и пазовой изоляций обмоток существенно влияет на габариты машин и их надежность в эксплуатации.

Поэтому правильный выбор изоляционных материалов при перемотке или модернизации играет немаловажную роль.

а) Влияние изоляции обмоток на габариты машин

При модернизации электродвигателей следует исходить из следующих соображений.

Изоляция должна обладать высокой надежностью в эксплуатации.

При выборе электроизоляционных материалов, определении толщи изоляции необходимо учитывать условия, в которых электродвигатель будет работать (окружающая температура, чистота окружающего воздуха и т. д.).

Необходимость применения высококачественных изоляционных материалов, позволяющих получать высокие коэффициенты заполнения паза, при высокой надежности изоляции.

В настоящее время применяются изоляционные материалы, дающие существенное преимущество по сравнению с обычно применяемыми. К таким материалам относятся:

Синтетическая изоляция на основе поливинилацеталевых смол винифлекс, позволяющая получать тонкое, механически прочное изоляционное покрытие обмоточных проводов (провод марки ПЭВ).

Важнейшие преимущества обмоточных проводов с изоляцией винифлекс состоят в следующем:

малая толщина изоляции (0,02—0,08 *мм*);

высокая механическая прочность и эластичность;

малая гигроскопичность;

хорошая нагревостойкость и теплопроводность;

Таблица 4-10

Витковая изоляция обмоточных проводов

Вид обмотки	Класс изоляции	Межвитковая изоляция
Статорные всыпные обмотки (полузакрытый паз)	А	Синтетическая типа винифлекс
То же	В	Для проводов диаметром до 1,5 *мм* — нагревостойкая эмаль и один слой стеклопряжи (марка провода ПЭТСО); для проводов диаметром более 1,5 *мм* — двойной слой стеклопряжи (марка провода ПСД)
Статорные секционные обмотки (полуоткрытый и открытый паз)	А	Два слоя хлопчатобумажной пряжи ПБД
То же	В	Два слоя стеклопряжи
Роторные протяжные обмотки	А	Два слоя хлопчатобумажной пряжи ПБД
То же	В	Два слоя стеклопряжи марки ПСД

химическая стойкость и стойкость к большинству технических растворителей (бензин, бензол, спирт и др.);

высокая электрическая прочность.

Провода с винифлексовой изоляцией ПЭВ могут быть применены для неподвижных и вращающихся обмоток, без дополнительной защиты хлопчатобумажной или шелковой пряжей. При такой изоляции значительно увеличивается коэффициент заполнения паза.

Кроме того, в настоящее время широкое применение нашли нагревостойкие электроизолирующие пленки из эфиров целлюлозы.

Для изоляции обмоточных проводов применяются пластифицированные триацетатные и ацетобутиратные пленки толщиной 0,025—0,04 *мм*.

Пробивное напряжение пластифицированной триацетатной пленки при толщине изоляции на сторону около 0,06—0,07 *мм* составляет: при температуре 20° С — 6—6,5 *кв*; при 150° С — около 5,5 *кв*, а после 20 *ч* пребывания в воде — 4—5 *кв*.

Для основной пазовой изоляции обмоток электродвигателей применяются непластифицированные триацетатные и ацетобутиратные пленки толщиной 0,04—0,07 *мм* в сочетании с подложками (электрокартоном, шелковой или стеклянной тканью), так как без подложки они имеют невысокое сопротивление надрыву и относительно малую механическую прочность.

Оклеивая фольгу высококачественный электрокартон с одной или с двух сторон триацетатной или ацетобутиратной пленкой, получают гибкий, механически прочный электроизолирующий материал, обладающий высокими электрическими свойствами.

Этот материал в основном применяется для пазовой изоляции электродвигателей с полуоткрытым пазом, а также в виде прокладок для изоляции различных частей обмоток.

В табл. 4-10 приведены данные межвитковой изоляции обмоточных проводов обмоток асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт*, 500 *в*, а в табл. 4-11 данные пазовой изоляции.

Для электродвигателей, работающих в условиях повышенной влажности, следует предусмотреть применение стекловолокнистой и миканитовой изоляции в сочетании с многократными пропитками в кремнийорганическом или термореактивном лаках.

б) Кремнийорганическая изоляция для электродвигателей серий МАД-191, К и КО

Эксплуатация электродвигателей серии МАД-191, а также К и КО в шахтах, где они спариваются с врубовыми машинами и угольными комбайнами, отличается от работы в других отраслях промышленности как по характеру нагрузки, так и по условиям эксплуатации.

В забоях в основном рабочий режим электродвигателей неравномерный и сопряжен с частыми и неопределенными по времени перегрузками и превышением температуры над температурой 180—220° С, что вызывает быстрое старение изоляции. Кроме того, электродвигателям приходится работать в обстановке высокой влажности и попадания из редуктора врубовой машины большого количества масла на лобовые части обмотки. Тяжелые условия работы часто выводят электродвигатели из строя.

Такие тяжелые условия работы требуют применения для статорной обмотки более совершенных изоляционных материалов в виде кремнийорганической изоляции и соответствующих пропиточных лаков.

В настоящее время все электродвигатели серии МАД-191 и в большом количестве серий К и КО для особо тяжелых условий работы

Таблица 4-11

Пазовая изоляция

Род обмотки	Класс изоляции	Изоляция обмоток в пазовой части	Толщина изоляции в пазовой части, *мм*
Статорные всыпные обмотки (полузакрытый паз)	А	Электрокартон, оклеенный синтетической пленкой	При мощности до 10 *квт* — 0,5, свыше 10 *квт* — 0,6
То же	В	Гильза, составная из стеклолакоткани (или гибкого миканита) и электрокартона	При мощности до 10 *квт* — 0,5, свыше 10 *квт* — 0,6
Статорные полусекционные обмотки (полуоткрытый паз)	А	Электрокартон, оклеенный синтетической пленкой	0,6
То же	В	Гильза, составная из стеклолакоткани или гибкого миканита и электрокартона	0,6
Статорные секционные обмотки (открытый паз)	А	Секции изолируются в пазовой части одним слоем хлопчатобумажной ленты вприпык. В пазу гильза из электрокартона, оклеенная синтетической пленкой	0,7
То же	В	Секции изолируются в пазовой части микобумагой в 2 ½ оборота. Сверху скрепляющая хлопчатобумажная лента	0,6—0,7
Роторные протяжные обмотки	А	Гильза, составная из электрокартона и синтетической смолы	0,6—0,7
То же	В	Микафолиевая гильза	0,7—0,9
Роторные стержневые обмотки	А	Бакелизированная бумага	0,7—0,9
То же	В	Микафолиевая гильза	

выпускаются на кремнийорганической изоляции.

Кремнийорганическая изоляция в процессе теплового старения при 200° С значительно лучше сохраняет эластичность, определяемую по электрической прочности изоляции после изгиба секций вокруг оправки диаметром 300 *мм*, чем миканитовая изоляция при воздействии на нее температуры 120° С. Секции с кремнийорганической изоляцией имеют значительно более высокую нагревостойкость по сравнению с микалентной компаундированной изоляцией, для которой не могут быть допущены температуры выше 120° С. Кремнийорганическая изоляция хорошо противостоит воздействию смеси, состоящей из машинного масла, солидола, воды и угольной пыли, и сохраняет высокую электрическую прочность при 200° С, в то время как микалентная изоляция при такой температуре разрушается. Механические свойства кремнийорганической изоляции (эластичность, стойкость к истиранию) выше, чем у микалентной.

Секции с кремнийорганической изоляцией пропитываются кремнийорганическим лаком марки ЭФ-3, особенность которого заключается в его высокой температуре сушки (180—200° С), при которой лак полимеризируется и переходит в твердое состояние, не размягчающееся при последующих нагревах, одновременно прочно цементируя обмотку и изоляцию.

Кроме того, лак ЭФ-3 при такой температуре сушки приобретает свойство высокой влаго- и маслостойкости.

Для изготовления секции электродвигателей типа МАД-191, К и КО применяются:

провод марки ПСДК (провод со стеклянной изоляцией на кремнийорганических лаках);

стекломикалента двусторонняя толщиной 0,17 *мм*;

стекломикалента двусторонняя толщиной 0,17 и шириной 12 *мм* (для изоляции лобовых частей);

стекломиканит гибкий толщиной 0,3 *мм* в листах (для пазовой изоляции секции);

липкая стеклолента толщиной 0,12 *мм* и шириной 10 *мм* в роликах (для скрепления витков секции);

лак кремнийорганический пропиточный ЭФ-3;

стеклолента в роликах толщиной 0,1 и шириной 200 *мм*, пропитанная в лаке ЭФ-3 (для изолирования секций перед покрытием лаком);

стеклолакоткань марки ЛСК-7 (для межвитковых прокладок);

эмаль кремнийорганическая марки ПКЭ-14 (для покрытия секций).

Соединения выводных концов в лобовой части выполняются двумя способами: а) «под колпачок» и б) хомутиком

Соединение «под колпачок» более простое, менее трудоемкое, но менее надежное, так как место перехода от головки секции до места пайки полностью трудно изолировать. Это соединение применяется в электродвигателях МА-191/10, а соединение хомутиком на электродвигателях типов МА-191/35 и МА-191/11. Схему паяют припоем МФ-3 угольными электродами.

Все места пайки изолируют двумя слоями стекломикаленты толщиной 0,22 *мм* вполнахлеста и сверху одним слоем стеклоленты вполнахлеста. Ленту предварительно пропитывают в лаке ЭФ-3. Лобовые части обмотки тщательно покрывают эмалью ПКЭ-14 методом пульверизации или кистью.

4-8. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕКЦИЙ (КАТУШЕК)

Обычно при ремонте электродвигатели перематывают по старым обмоточным данным, которые электродвигатель имел до ремонта, сохраняя и тип обмотки.

Если обмоточные данные изменяются, то при выборе типа обмотки рекомендуется руководствоваться следующими соображениями.

Обмотку статора электродвигателей с полузакрытыми пазами выполнять в виде всыпной с мягкими катушками из круглых проводов. Для электродвигателей мощностью до 6—10 *квт* применять однослойную цепную обмотку, при которой в каждом пазе лежат проводники только одной секции. Такой метод повышает производительность труда по укладке секции, при этом отпадает необходимость в прокладках внутри паза между секциями, требуемых при двухслойной обмотке. Однако

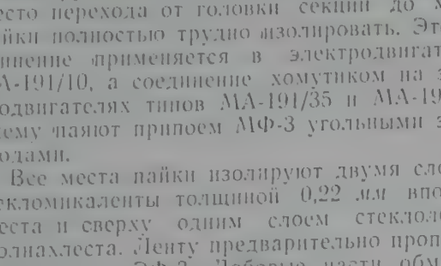


Рис. 4-16. Оправка-шаблон (*а*) и расположение шаблонов на шпинделе (*б*).

1 — скобочка; *2* — шаблон без крючка; *3* — шпиндель; *4* — шаблон с крючками; *5* — шайба.

следует учитывать, что цепную обмотку с укороченным шагом выполнить нельзя.

Для электродвигателей мощностью 10—100 *квт* с полуоткрытым пазом обычно применяется двухслойная обмотка с укороченным шагом, а с открытым пазом рекомендуется катушечная обмотка с жесткими секциями из прямоугольного провода.

Для электродвигателей с закрытым пазом обычно применяют протяжную однослойную обмотку.

Двухслойные статорные обмотки низкого напряжения могут быть изготовлены намоткой полной фазы обмотки целиком.

Намотка производится на небольших намоточных станках, к планшайбе которых прикрепляются специальные шаблоны-оправки.

На рис. 4-16 показан общий вид оправки-шаблона, который состоит из основания, имеющего два выреза для подкладки шпагата, скрепляющего провода, и сердечника, имеющего очертание катушки. Сердечник прикрепляется к основанию винтами.

В сердечнике шаблона имеется отверстие, служащее для надевания шаблона на болт-шпиндель. Второй вид шаблона отличается от первого только тем, что в его основании имеется вырез (крючок).

Если необходимо намотать обмотку для электродвигателя, у которого $z_1=27$; $p=3$ и $q=1\frac{1}{2}$, то здесь следует применить шесть шаблонов первого вида и три второго вида и расположить на шпинделе так, как это показано на рис. 4-16, причем шаблоны с крючками устанавливаются повернутыми на 180° по отношению к шаблонам без крючков, т. е. если шаблоны без крючков устанавливаются на болт-шпиндель так, что самая большая сторона сердечника будет находиться со стороны рабочего места, то эта же сторона шаблонов с крючками должна находиться с противоположной стороны.

Эта установка шаблонов необходима для того, чтобы соблюдать требующееся направление тока в обмотке фазы.

Следует стремиться к одновременному изготовлению на шаблоне полного комплекта катушек для всей фазы, что устранит в дальнейшем необходимость соединения катушек. В этом случае на шпильки шаблона надевают число оправок по числу катушек в фазе (рис. 4-16).

Определение размеров контура оправки

В расчете приняты следующие обозначения (рис. 4-17):

τ_u — средняя ширина секции, *мм*;
D_i — диаметр расточки статора, *мм*;
l_i — длина сердечника статора, *мм*;
$h_п$ — высота паза, *мм*;
z — число пазов;

y — шаг обмотки по пазам;
$b_с$ — средняя ширина секционной стороны, *мм*;
$b_п$ — средняя ширина паза, *мм*;
$l_ш$ — средняя длина лобовой части шаблона, *мм*;
l_s — средняя длина лобовой части витка, *мм*;
i — односторонняя толщина изоляции паза, *мм*.

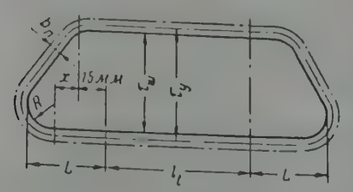


Рис. 4-17. Контур шаблона к секции.

Ширина шаблона определяется по формуле

$$\tau_ш=(\tau_y-b_с)\cdot 1{,}04,$$

где

$$\tau_y=\frac{\pi(D_i+h_п)y}{z};$$

$$b_с=b_п-2i.$$

Определяют среднюю длину лобовой части витка

$$l_s=K\tau_y+30.$$

Коэффициент K зависит от числа полюсов машины $2p$ и берется по табл. 4-12.

Таблица 4-12

$2p$	K
2	1,3
4	1,35
6	1,45
8	1,55

Определяют длину контура лобовой части шаблона

$$l_ш=l_s-30-\frac{\pi b_с}{2}.$$

Определяют отношение

$$K_ш=\frac{l_ш}{\tau_ш}.$$

По кривым рис. 4-17а и значению $K_ш$ находят отношения $R/\tau_ш$ для значений $x_0=0$ и $x=0{,}1\tau_ш$.

По найденным отношениям $R/\tau_ш$ находятся два значения R, после чего находят два значения вылета шаблона L по формуле

$$L=15+x+R\ [мм]$$

и выбирают большее из них.

Толщину сердечника шаблона находят по формуле

$$b=\frac{S}{b_с}=\frac{md^2}{b_с},$$

где S — площадь поперечного сечения, занимаемая витками секций;
m — число витков секций;
d — диаметр провода с изоляцией.

Пример. Определить размеры шаблона для статорной обмотки.

Данные статора:
число полюсов $2p=6$;
диаметр расточки статора $D_i=118$ *мм*;
число пазов $z=27$;
длина сердечника $l_{ст}=122$ *мм*;
шаг обмотки $y=4$;
число витков в секции $w_с=43$;
диаметр голого провода $d=0{,}86$ *мм*;
диаметр изолированного провода $d_{из}=1{,}02$ *мм*
Форма и размеры паза даны на рис. 4-17 б.

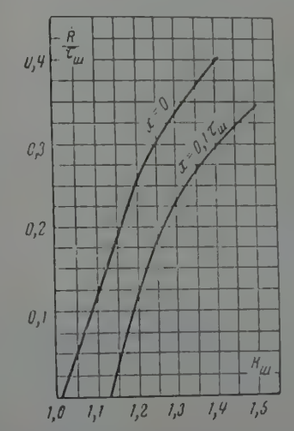


Рис. 4-17а. Кривые для расчета размеров шаблонов.

Рис. 4-17б. Форма и размеры паза.

Определяют:

ширина секции $=\tau_y=\frac{\pi(D_i+h_п)y}{z}=\pi\frac{118+21{,}7}{27}\times$

$\times 4=65$ *мм*.

Средняя ширина паза

$$b_п=\frac{10{,}2+7{,}5}{2}=8{,}85\ мм.$$

Средняя ширина секции

$$b_c = b_п - 2i = 8{,}85 - 1{,}3 = 7{,}55 \text{ мм},$$

где $i = 0{,}65$.

Отсюда находим ширину шаблона

$$\tau_ш = (\tau_y - b_c)\,1{,}04 = (65 - 7{,}55)\,1{,}04 \approx 60 \text{ мм}.$$

Средняя длина лобовой части витка

$$l = l_{\tau_y} + 30 = 1{,}45 \cdot 65 + 30 = 124 \text{ мм}$$ (по табл. 4-19 $K = 1{,}45$)

Длина контура лобовой части шаблона

$$l_ш = l_s - 30 - \frac{\pi b_c}{2} = 124 - 30\,\frac{3{,}14 \cdot 7{,}55}{2} \approx 82 \text{ мм}.$$

Отношение

$$k_ш = \frac{l_ш}{\tau_ш} = \frac{82}{60} = 1{,}38$$

По полученному значению $k_ш$ определяют (рис. 4-17а и б) отношение $R_ш/\tau_ш$ для $x = 0$ и для $x = 0{,}1\ \tau_ш = 0{,}1 \times 60 = 6$.

Для $x = 0$ найдем $\frac{R}{\tau_ш} = 0{,}39$, откуда $R = 0{,}39\tau_ш = 0{,}39 \cdot 60 = 24$ мм.

Для $x = 0{,}1\ \tau_ш$ найдем $\frac{R}{\tau_ш} = 0{,}288$, откуда

$$R = 0{,}288\tau_ш = 0{,}288 \cdot 60 \approx 17 \text{ мм};$$

$$L_{x=0} = 15 + x + R = 15 + 24 = 39 \text{ мм};$$

$$L_{x=0{,}1\tau_ш} = 15 + 6 + 17 = 38 \text{ мм}.$$

Так как оба значения совпали, принимаем $L = 39$ мм. Толщина сердечника

$$b = \frac{S}{b_c} = \frac{w_c d^2}{b_c} = \frac{43 \cdot 1{,}02^2}{7{,}55} \approx 6 \text{ мм}$$

При изготовлении мягких секций, формы которых могут быть установлены после укладки витков в пазы, применяются универсальные раздвижные шаблоны упрощенной формы как с ручным (рис. 4-18), так и электроприводом (рис. 4-19).

На шаблонах с ручным приводом или электроприводом установлен счетчик оборотов, чтобы избежать неправильной намотки секции из-за неравномерности числа витков в них.

При массовой намотке секции рекомендуется применять механизированный шаблон, который прост в изготовлении и не требует особого ухода в эксплуатации. Этот станок снабжен приспособлением для натяжки провода, что улучшает качество намотанных секций и дает возможность укладывать проводники аккуратно в паз через его шлиц.

При намотке секции с несколькими параллельными проводниками их натяжение должно быть одинаковым и ложиться в щель шаблона пучком.

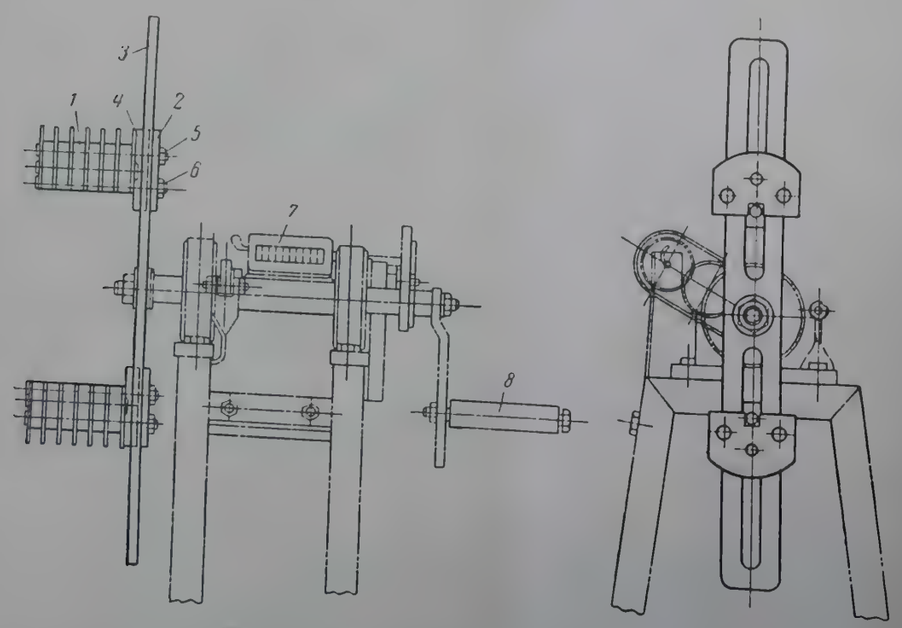


Рис. 4-18. Шаблон для намотки мягких секций.

1 — колодка шаблона; *2* — планки; *3* — коромысло; *4* — ползун; *5* — шпилька; *6* — гайка М6; *7* — счетчик оборотов; *8* — ручка.

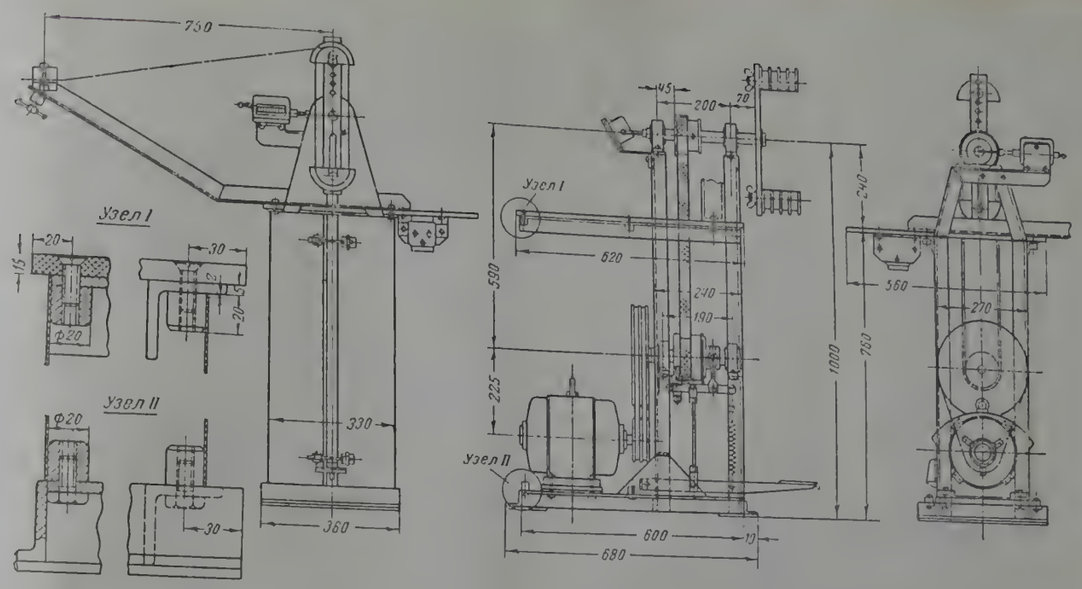


Рис. 4-19. Приспособление для намотки мягких секций с электроприводом.

4-9. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК

Основной фактор классификации обмоток (с точки зрения технологического процесса) — это число витков в катушке, так как по своим производственным операциям технология изготовления одновитковых и многовитковых катушек совершенно различна.

Катушки для статорных обмоток бывают разных исполнений:

1. Мягкие (всыпные), намотанные из круглого провода, применяемые для электродвигателей с полуоткрытым пазом.

2. Жесткие, применяемые для электродвигателей с открытым пазом, наматываемые из прямоугольного провода с последующей их изоляцией и формовкой (запечкой).

Для намотки роторов применяются мягкая и стержневая обмотки; медь стержневой обмотки до намотки по предварительно заданным размерам с одной стороны изгибается и изолируется.

Двухслойную обмотку обычно укладывают в пазы таким образом, что одна сторона секции ложится на дно паза, а другая по шагу на верх паза (рис. 4-20,*а*). Такая технология укладки может быть изменена так, чтобы сначала секции обеими своими сторонами укладывались на дно паза на протяжении одного шага по пазам, следующие секции — в верхнюю и нижнюю части паза, а последние катушки — обеими сторонами на дно паза (рис. 4-20,*б*). Такая технология производства обмотки электродвигателей малых мощностей дает возможность не занимать места в расточке статора невложенными сторонами секции, которые по схеме должны были попасть в верхнюю часть паза, благодаря чему облегчается процесс обмотки.

В настоящее время по усовершенствованной технологии в малых электродвигателях

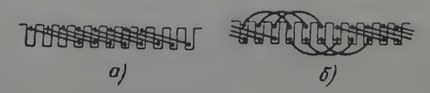


Рис. 4-20.

двухслойную обмотку всей фазы предварительно наматывают непрерывным проводом, таким образом отпадает межкатушечное соединение.

Для осуществления обмотки непрерывным проводом секции (катушки) предварительно наматывают на специальные шаблоны, которые набирают на оправу так, что у четных катушечных групп длинные стороны шаблона расположены справа, а нечетные — слева (рис. 4-21,*а*). После снятия намотанных катушечных групп с шаблона четные катушки, т. е. те, которые были на правой стороне, следует перевернуть на 180°, чем достигаются разная полярность и симметричность (рис. 4-21,*б*).

Для большей производительности работу по намотке статоров следует производить по-операционным методом, т. е. методом разделения труда, специализируя рабочих на определенных операциях.

В приложении IX приводится примерная технологическая карта обмотки статора электродвигателя серии МА-200.

В асинхронных электродвигателях единой серии А и АО мощностью до 7 *квт* применяются однослойные концентрические обмотки,

Рис. 4-21. Намотка фазы непрерывным проводом.

у которых в каждом пазу лежит одна катушка, укладываемая в паз одновременно обеими сторонами, что не мешает укладке следующих катушек. Эти катушки предварительно наматывают на ступенчатый шаблон (рис. 4-22) и вкладывают в полузакрытый паз как всыпные обмотки.

Недостатком однослойной концентрической обмотки является невозможность выполнить ее с укороченным шагом и тем самым снизить влияние высших гармоник.

Обмотка электродвигателей единой серии А и АО 3—5-го габаритов (мощностью 0,6—7 *квт*) может быть выполнена из однотипных

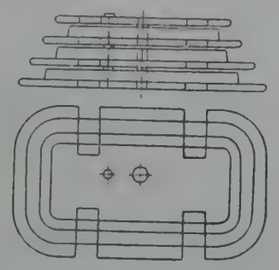


Рис. 4-22. Ступенчатый шаблон для концентрической обмотки.

катушечных групп, лобовые части которых переплетаются.

Число катушек, наматываемых на шаблон, равно числу пазов на полюс и фазу q или $0{,}5q$ в зависимости от того, выполнена ли схема обмотки из полных катушечных групп или вразвалку.

Для электродвигателей мощностью 10—100 *квт* применяются двухслойные всыпные обмотки, которые предварительно наматывают катушечными группами с числом катушек q в каждой группе. В паз обмотку укладывают через шлиц, при этом паз предварительно изолируют гильзой.

Роторы электродвигателей мощностью до 100 *квт* в основном выполняются как короткозамкнутые. Обмотка фазных роторов в большинстве случаев двухслойная волновая.

Обмотка роторов фазных электродвигателей мощностью до 15 *квт* выполняется однослойной концентрической; намотку производят непосредственно укладкой проводов в пазы.

Так как в основном роторные пазы закрытые, стержни обмотки забивают в пазы с торца сердечника ротора, при этом одну сторону стержня по размеру в соответствии с шагом обмотки выгибают по шаблону до введения стержня в паз, а вторую выгибают в соответствии с шагом после введения стержня в паз.

У роторов единой серии А и АО с открытым пазом стержневая обмотка заменена катушечной петлевого типа, которая состоит из катушек, предварительно намотанных из изолированного провода.

а) Намотка двухслойной обмотки статоров

До начала обмотки в полузакрытые пазы статора укладывают изоляцию, изготовленную в виде коробочки, концы которой для защиты изоляции вкладываемых проводов от повреждения должны выступать за пределы пазов (см. приложение VII). При размещении катушек сначала укладывают одну сторону путем поочередного опускания отдельных проводников через шлиц на дно паза, затем снимают скрепляющие ленточки со второй половины катушки и ее проводники таким же методом опускают через шлиц в паз. По мере укладки проводников с помощью приспособления или деревянного клина их выправляют. После укладки проводников края пазовой изоляции (гильзы) загибают, перекрывая друг друга в пазу. Затем в верхнюю часть паза забивают деревянные клинья, под которыми предварительно прокладывают нарезанные полоски электрокартона.

Лобовые части обмотки рихтуют легкими ударами молотка через фибровую, гетинаксовую или деревянную прокладку и изолируют или перевязывают шнуром или хлопчатобумажной лентой. После укладки в паз всех проводов проверяют отсутствие соединения между витками и корпусом.

б) Протяжная обмотка статоров (паз закрытый)

Обмотка электродвигателей с закрытыми пазами выполняется способом протяжки обмоточного провода через предварительно изолированные пазы.

Изоляционные гильзы для напряжения до 500 *в* обычно изготавливают из шести слоев электрокартона толщиной 0,2 *мм* с перекроем на узкой стороне, предварительно промазанные глифталевым лаком, и навертывают на две деревянные клиновидные оправки с одинаковыми углами конусности и с такими размерами, чтобы сложенные конусами навстречу друг другу они давали высоту немного больше общей высоты проводников, укладываемых в паз (рис. 4-23).

Гильзы изготавливают следующим образом.

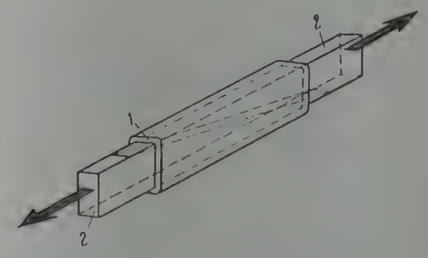


Рис. 4-23. Изготовление изоляционной гильзы.
1 — гильза; *2* — клинья.

Поверх клиньев, которые немного раздвинуты в стороны для уменьшения общих размеров, накладывают один оборот прессшпана, смазываемого глифталевым лаком. Затем накладывают лакоткань, которую вместе с последними двумя оборотами прессшпана плотно накручивают и обжимают, поверх полученной гильзы накладывают по всей длине хлопчатобумажную ленту вразбег для скрепления гильзы. Затем конусные клинья подбиваются с обеих сторон внутрь до заранее намеченного на каждом клине предела, определяющего необходимые размеры гильзы. Гильзу распирают клиньями. После этого гильзу снимают с оправки, и, когда лак высохнет, гильза считается готовой.

Форма и сечение оправки должны соответствовать форме и сечению паза.

Катушки однослойных катушечных обмоток разделяются на нижние, лобовые части которых расположены непосредственно у пакета активной стали, и верхние, лобовые части которых расположены подальше от активной стали.

Лобовые части нижних катушек отгибаются, а лобовые части верхних катушек обычно бывают прямые.

Форму лобовым частям протяжных обмоток соответствующей формы придают специальными деревянными шаблонами, которые для удобства их выемки после намотки делаются разборными.

Для намотки нижних катушек применяют шаблон, приведенный на рис. 4-24, который состоит из основания *1*, лобовых частей обмотки и двух брусков 2, имеющих форму, соответствующую форме малой катушки.

Шаблон вставляют в расточку статора и прижимают к нему деревянным бруском.

При частичном ремонте обмотки вместо указанных приспособлений иногда применяются кулачки, вставляемые в пазы сердечника статора и охватываемые проводом наматываемой катушки.

При изготовлении протяжных обмоток

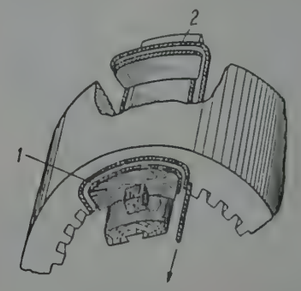


Рис. 4-24. Установка шаблона для намотки нижних катушек статора.
1 — лобовая часть обмотки; *2* — шаблон.

обычно применяют укладку проводов горизонтальными рядами по ширине паза, которую называют поперечной в отличие от продольной, при которой витки проводов укладывают в паз слоями вдоль высоты паза.

Поперечная укладка предпочтительнее, так как при ней напряжение между двумя соседними витками в двух соседних слоях меньше, чем при продольной. Кроме того, при поперечной укладке облегчается и отгиб лобовых частей нижних катушек.

Для облегчения укладки проводников в определенном порядке до начала обмотки в паз закладывают деревянные планки, имеющие ширину, равную ширине паза, и высоту, равную диаметру (высоте) провода с изоляцией. На дно паза вместо деревянной планки вставляют стальные прутья, количество и размер которых соответствуют количеству и размеру проводников в одном поперечном слое (рис. 4-25).

Для того чтобы при протяжке деревянные планки и стальные прутья не продвигались вместе с наматываемым проводом, планки с одной стороны снабжены крючками, а стальные прутья с одной стороны отогнуты вниз (рис. 4-26).

Обмотку через паз должны протягивать два рабочих, стоящих по обе стороны электро-

Для большей производительности работу по намотке статоров следует производить по-операционным методом, т. е. методом разделения труда, специализируя рабочих на определенных операциях.

В приложении IX приводится примерная технологическая карта обмотки статора электродвигателя серии МА-200

В асинхронных электродвигателях единой серии А и АО мощностью до 7 *квт* применяются однослойные концентрические обмотки,

Рис. 4-21. Намотка фазы непрерывным проводом.

у которых в каждом пазу лежит одна катушка, укладываемая в паз одновременно обеими сторонами, что не мешает укладке следующих катушек. Эти катушки предварительно наматывают на ступенчатый шаблон (рис. 4-22) и вкладывают в полузакрытый паз как всыпные обмотки.

Недостатком однослойной концентрической обмотки является невозможность выполнить ее с укороченным шагом и тем самым снизить влияние высших гармоник.

Обмотка электродвигателей единой серии А и АО 3—5-го габаритов (мощностью 0,6—7 *квт*) может быть выполнена из однотипных

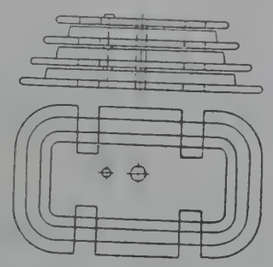


Рис. 4-22. Ступенчатый шаблон для концентрической обмотки.

катушечных групп, лобовые части которых переплетаются.

Число катушек, наматываемых на шаблон, равно числу пазов на полюс и фазу q или $0{,}5q$ в зависимости от того, выполнена ли схема обмотки из полных катушечных групп или вразвалку.

Для электродвигателей мощностью 10—100 *квт* применяются двухслойные всыпные обмотки, которые предварительно наматывают катушечными группами с числом катушек q в каждой группе. В паз обмотку укладывают через шлиц, при этом паз предварительно изолируют гильзой.

Роторы электродвигателей мощностью до 100 *квт* в основном выполняются как короткозамкнутые. Обмотка фазных роторов в большинстве случаев двухслойная волновая.

Обмотка роторов фазных электродвигателей мощностью до 15 *квт* выполняется однослойной концентрической; намотку производят непосредственно укладкой проводов в пазы.

Так как в основном роторные пазы закрытые, стержни обмотки забивают в пазы с торца сердечника ротора, при этом одну сторону стержня по размеру в соответствии с шагом обмотки выгибают по шаблону до введения стержня в паз, а вторую выгибают в соответствии с шагом после введения стержня в паз.

У роторов единой серии А и АО с открытым пазом стержневая обмотка заменена катушечной петлевого типа, которая состоит из катушек, предварительно намотанных из изолированного провода.

а) Намотка двухслойной обмотки статоров

До начала обмотки в полузакрытые пазы статора укладывают изоляцию, изготовленную в виде коробочки, концы которой для защиты изоляции вкладываемых проводов от повреждения должны выступать за пределы пазов (см. приложение VII). При размещении катушек сначала укладывают одну сторону путем поочередного опускания отдельных проводников через шлиц на дно паза, затем снимают скрепляющие ленточки со второй половины катушки и ее проводники таким же методом опускают через шлиц в паз. По мере укладки проводников с помощью приспособления или деревянного клина их выправляют. После укладки проводников края пазовой изоляции (гильзы) загибают, перекрывая друг друга в пазу. Затем в верхнюю часть паза забивают деревянные клинья, под которыми предварительно прокладывают нарезанные полоски электрокартона.

Лобовые части обмотки рихтуют легкими ударами молотка через фибровую, гетинаксовую или деревянную прокладку и изолируют или перевязывают шнуром или хлопчатобумажной лентой. После укладки в паз всех проводов проверяют отсутствие соединения между витками и корпусом.

б) Протяжная обмотка статоров (паз закрытый)

Обмотка электродвигателей с закрытыми пазами выполняется способом протяжки обмоточного провода через предварительно изолированные пазы.

Изоляционные гильзы для напряжения до 500 *в* обычно изготавливают из шести слоев электрокартона толщиной 0,2 *мм* с перекроем на узкой стороне, предварительно промазанные глифталевым лаком, и навертывают на две деревянные клиновидные оправки с одинаковыми углами конусности и с такими размерами, чтобы сложенные конусами навстречу друг другу они давали высоту немного больше общей высоты проводников, укладываемых в паз (рис. 4-23).

Гильзы изготавливают следующим образом.

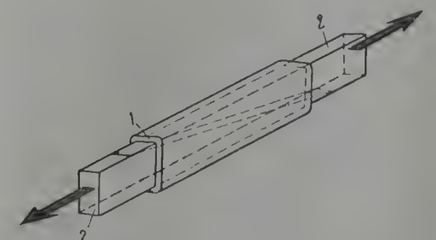


Рис. 4-23. Изготовление изоляционной гильзы.
1 — гильза; *2* — клинья.

Поверх клиньев, которые немного раздвинуты в стороны для уменьшения общих размеров, накладывают один оборот прессшпана, смазываемого глифталевым лаком. Затем накладывают лакоткань, которую вместе с последними двумя оборотами прессшпана плотно накручивают и обжимают, поверх полученной гильзы накладывают по всей длине хлопчатобумажную ленту вразбег для скрепления гильзы. Затем конусные клинья подбиваются с обеих сторон внутрь до заранее намеченного на каждом клине предела, определяющего необходимые размеры гильзы. Гильзу распирают клиньями. После этого гильзу снимают с оправки, и, когда лак высохнет, гильза считается готовой.

Форма и сечение оправки должны соответствовать форме и сечению паза.

Катушки однослойных катушечных обмоток разделяются на нижние, лобовые части которых расположены непосредственно у пакета активной стали, и верхние, лобовые части которых расположены подальше от активной стали.

Лобовые части нижних катушек отгибаются, а лобовые части верхних катушек обычно бывают прямые.

Форму лобовым частям протяжных обмоток соответствующей формы придают специальными деревянными шаблонами, которые для удобства их выемки после намотки делаются разборными.

Для намотки нижних катушек применяют шаблон, приведенный на рис. 4-24, который состоит из основания *1*, лобовых частей обмотки и двух брусков *2*, имеющих форму, соответствующую форме малой катушки.

Шаблон вставляют в расточку статора и прижимают к нему деревянным бруском.

При частичном ремонте обмотки вместо указанных приспособлений иногда применяются кулачки, вставляемые в пазы сердечника статора и охватываемые проводом наматываемой катушки.

При изготовлении протяжных обмоток

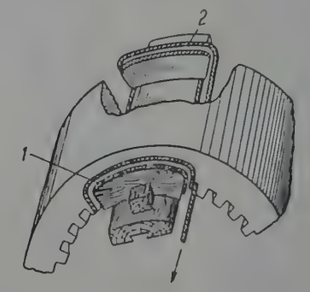


Рис. 4-24. Установка шаблона для намотки нижних катушек статора.
1 — лобовая часть обмотки; *2* — шаблон.

обычно применяют укладку проводов горизонтальными рядами по ширине паза, которую называют поперечной в отличие от продольной, при которой витки проводов укладывают в паз слоями вдоль высоты паза.

Поперечная укладка предпочтительнее, так как при ней напряжение между двумя соседними витками в двух соседних слоях меньше, чем при продольной. Кроме того, при поперечной укладке облегчается и отгиб лобовых частей нижних катушек.

Для облегчения укладки проводников в определенном порядке до начала обмотки в паз закладывают деревянные планки, имеющие ширину, равную ширине паза, и высоту, равную диаметру (высоте) провода с изоляцией. На дно паза вместо деревянной планки вставляют стальные прутья, количество и размер которых соответствуют количеству и размеру проводников в одном поперечном слое (рис. 4-25).

Для того чтобы при протяжке деревянные планки и стальные прутья не продвигались вместе с наматываемым проводом, планки с одной стороны снабжены крючками, а стальные прутья с одной стороны отогнуты вниз (рис. 4-26).

Обмотку через паз должны протягивать два рабочих, стоящих по обе стороны электро-

двигателя, которые, вынимая один прут, вместо него протягивают обмоточный провод. Длина заготовки провода должна быть заранее подсчитана по суммарной длине всех витков одной катушки, поэтому выполнение протяжных обмоток требует свободной рабочей площадки. До начала работ провод должен

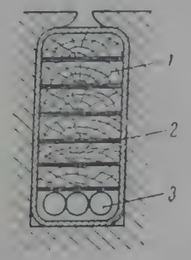


Рис. 4-25. Укладка обмоточного провода методом протяжки.
1 — деревянные планки; *2* — прокладки; *3* — стальные прутья.

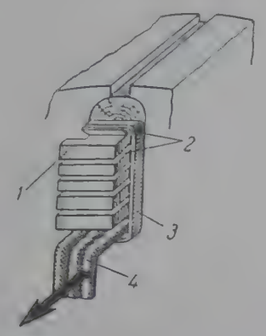


Рис. 4-26. Заполнение паза перед протяжкой обмотки.
1 — деревянные планки; *2* — междурядная изоляция; *3* — гильза; *4* — шпильки.

быть пропитан изоляционным лаком и для облегчения протяжки слегка смазан парафином.

После укладки первого (нижнего) слоя витков из паза вынимают один из деревянных стержней и на его место вставляют освободившиеся стальные прутья и протяжку продолжают. Укладываемые проводники в лобовой части легкими ударами деревянного молотка должны быть плотно прижаты к деревянному шаблону. После намотки первой катушки на нее накладывают две накладки из электрокартона, что служит шаблоном для намотки второй катушки. Лобовые части для механической крепости перевязывают крученым шпагатом в нескольких местах или обматывают хлопчатобумажной лентой.

4-10. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ РОТОРНЫХ ОБМОТОК

Обычно обмотка ротора стержневая и состоит из двух медных стержней прямоугольного сечения, из которых один укладывают на дно паза, а другой — сверху.

Форма лобовых частей нижнего и верхнего стержней обмотки несколько отличается друг от друга; учитывая это, следует заготавливать верхние стержни несколько длиннее нижних. До начала заготовки стержней следует определить длину их выпрямленной части, для чего предварительно определяют длину выпрямленной лобовой части, исходя из шага этой обмотки, и длину двух переходов от прямой части к лобовой и от лобовой к концам стержня.

Ниже дан расчет вылета T, угла α и выпрямленной длины лобовой части стержневой роторной обмотки. Отдельные размеры обмотки взяты (рис. 4-27,*а* и *б*).

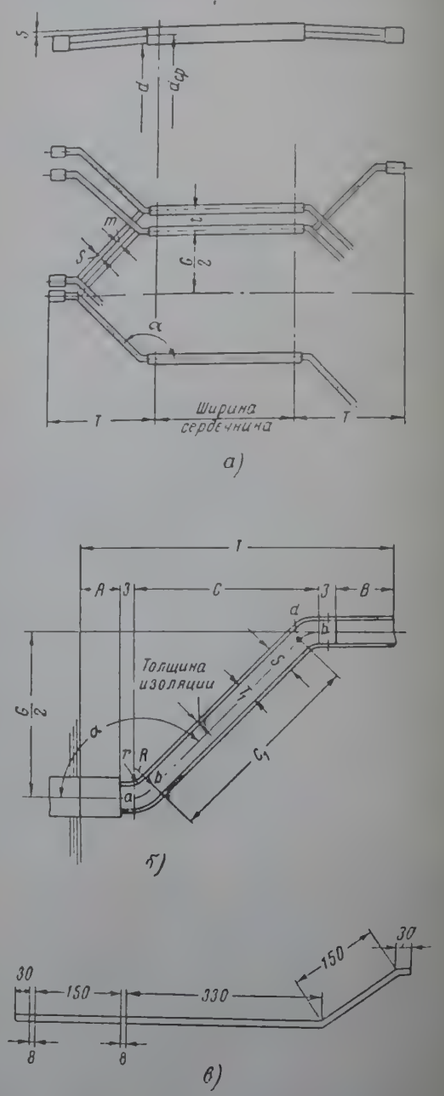


Рис. 4-27. Стержневая роторная обмотка.

Вылет $T=A+B+C+6$ *мм*, а выпрямленная длина лобовой части равна $A+B+C_2+6$ *мм*, где размер A зависит от напряжения на контактных кольцах и выбирается согласно табл. 4-13.

Размер B равен ширине хомутика и выбирается в зависимости от толщины меди T_1 согласно табл. 4-14.

Таблица 4-13

Напряжение, *в*	Размер *A*, *мм*
0—300	10
301—500	12
501—800	16
801 и выше	20 и 30

Таблица 4-14

Толщина меди T_1, *мм*	Размер *B*, *мм*
От 1,7 до 3,8	16
„ 3,8 „ 5,5	20
„ 5,5 „ 9	25

Размер C определяется по табл. 4-15.

Угол α определяется по формуле

$$\alpha - 90^\circ = \arcsin\frac{m+s}{t},$$

где s — толщина изолированной лобовой части;

t — деление паза по окружности ротора,

$$t=\frac{\pi d}{z_2};$$

d — диаметр (рис. 4-27,*а*);

z_2 — число пазов ротора;

m берется равным 2,5 *мм* для напряжения между контактными кольцами до 500 *в* и 3,5 *мм* — для напряжения свыше 500 *в*.

В качестве примера на рис. 4-27,*в* приведен эскиз нижнего роторного стержня, общая длина которого состоит из:

1) длины двух концов, идущих в хомутики, равной $2\times30=60$ *мм*;

2) длины двух переходов от концов к лобовой части, равной $2\times8=16$ *мм*;

3) длины выпрямленных лобовых частей, равной $2\times150=300$ *мм*;

4) длины двух переходов от лобовой части к прямой пазовой части (длина двух закруглений), равной $2\times8=16$ *мм*;

5) длины прямой пазовой части, равной 330 *мм*.

Таким образом, общая длина заготовки нижнего стержня равна $60+16+300+16+330=722$ *мм*, а для заготовки верхнего стержня длину следует брать больше на 20—30 *мм*, так как он размещается на цилиндре большего диаметра.

До заготовки меди для стержней соответствующей длины предварительно нарезают один верхний и один нижний стержни и только после примерки их по месту в пазах ротора и определения окончательного размера нарезают остальные стержни.

а) Гибка роторных стержней

Для соединения стержней ротора в соответствии с заданной схемой их лобовые части должны быть загнуты под соответствующим углом.

Один из концов стержней загибают до его ввода в паз ротора, а второй — после.

Стержни изгибают на приспособлении (рис. 4-28), которое состоит из стальной плиты с двумя продольными пазами 1_1 и 1_2, по которым могут передвигаться пластинки 2, 3_1 и 3_2, закрепляемые болтами к плите, и шарнирный рычаг 4, прикрепленный к плите, и отгибающий стержень.

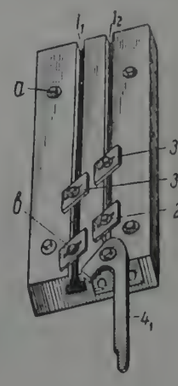


Рис. 4-28. Приспособление для изгиба полусекций.

Благодаря возможности передвижения пластинок на приспособлении можно производить различные операции изгиба стержней.

Таблица 4-15

α°	120°	125°	130°	135°
C	$0{,}29\ G+1{,}16\ R$	$0{,}35\ G+1{,}03\ R$	$0{,}42\ G+0{,}94\ R$	$0{,}5\ G+0{,}8\ R$
C_2	$0{,}58\ G+0{,}94\ R$	$0{,}61\ G+0{,}97\ R$	$0{,}65\ G+0{,}81\ R$	$0{,}7\ G+0{,}7\ R$

Величина G в табл. 4-15 — расстояние между сторонами катушки по окружности ротора.

Радиус $R=5+\frac{T_1}{2}$ [*мм*].

После того как стержни изогнуты, необходимо лобовым частям придать форму обмоткодержателя, выгнув их по соответствующему радиусу ротора. Такая форма им придается при помощи шаблона (рис. 4-29).

б) Изолирование роторных стержней

В зависимости от напряжения на контактных кольцах и среды, в которой электродвига-

тель работает, применяется тот или иной изоляционный материал для стержней (микафолий, синтофолий, синтолента, тафтяная лента или бакелизированная бумага).

Для роторных стержней напряжением до 300 *в* применяется изоляция из лакоткани, миткалевой ленты и телефонной бумаги, а усиленная изоляция — из синтоленты и тафтяной ленты (рис. 4-30).

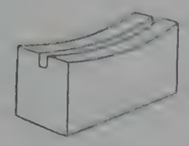


Рис. 4-29. Шаблон для выгиба лобовой части секции

Процесс изолировки начинается с разметки на прямой части каждого стержня линии, до которой следует изолировать лобовую часть, так как лобовая и пазовая части имеют различную изоляцию.

Размеченные стержни вначале поступают на изолировку лобовых частей изоляционной

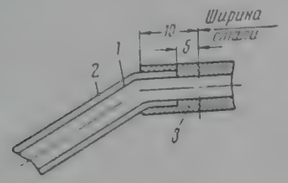


Рис. 4-30. Изоляция роторных стержней для напряжений до 300 *в*

1 — лента тафтяная толщиной 0,22 *мм* вполнахлестку; 2 — синтолента 0,11; *3* — опрессовка из синтофолия.

лентой, где последние витки должны выходить на прямолинейные участки стержней.

В первую очередь лобовые части (рис. 4-30) покрывают синтолентой толщиной 0,11 *мм* вполнахлеста и тафтяной лентой шириной 15—20 *мм*, толщиной 0,22 *мм*

Пазовую часть стержня обвертывают синтофолием толщиной 0,18 *мм* при общей толщине изоляции ~1,4 *мм*.

Во избежание утолщения изоляции в месте ее соприкосновения с хлопчатобумажной лентой синтофолий следует предварительно нарезать на конус 5 *мм* с двух сторон на длине до половины ширины заготовок (рис. 4-31). При обертывании стержня полоса перекрывает крайние витки ленты, которой изолированы лобовые части.

До начала обертки синтолентой стержень предварительно покрывают клеящим лаком (бакелитовый, шеллачный) и в таком виде оставляют на 5—10 *мин*

Под край последнего оборота синтоленты подкладывают лакированную телефонную бумагу 0,07 *мм*, доведя общую ее толщину до 0,1 *мм*, на глифталевобакелитовом или шеллачном лаке, а поверх этой бумаги для защиты изоляции от механических повреждений накладывают несколько слоев парафинированной бумаги.

После обвертывания стержня синтофолием между слоями изоляции остаются воздушные прослойки, которые сильно снижают теплопроводность изоляции Для устранения этих прослоек стержень после наложения каждого слоя изоляции проглаживают горячим утюгом. При этом лак размягчается и синтофолий приклеивается к стержню. После этого стержень протирают сухой тряпкой для устранения складок.

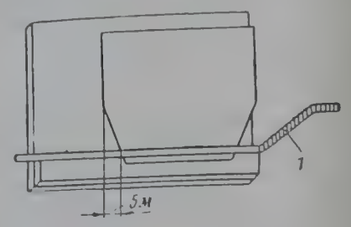


Рис. 4-31. Навертывание синтофолия.

1 — стержень роторный.

Горячая опрессовка может быть произведена в ручном или гидравлическом прессе при 120—130° С или в обкаточном станке при 200—230° С с последующей холодной опрессовкой в ручном или пневматическом прессе.

Опрессованные из синтофолия гильзы обладают большей плотностью, чем опрессованные микафолием, и менее подвергаются разбуханию.

Таблица 4-16

Конструкция изоляции роторных стержней асинхронных двигателей

Изоляция класса А

Гильзовая изоляция—нормальное исполнение

Наименование материала		Толщина изоляционного материала, мм	Односторонняя толщина изоляции, мм	
			до 300 *в*	301—525 *в*
Пазовая часть	Бумага телефонная лакированная	0,05	0,40	0,75
Лобовая часть	Лакоткань	0,20	—	0,40
	Лента миткалевая	0,18	0,36	0,36
Гильзовая изоляция—усиленное исполнение				
Пазовая часть	Синтобумага	0,15	—	0,60
	Бумага телефонная лакированная	0,05	—	0,30
Лобовая часть	Синтолента	0,11	—	0,44
	Лента тафтяная	0,2	—	0,40

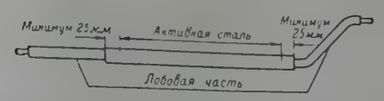
Конструкция изоляции класса А выбирается по табл. 4-16, а изоляции класса В — по табл. 4-17.

Таблица 4-17

Конструкция изоляции роторных стержней асинхронных электродвигателей

Изоляция класса *В*

Гильзовая изоляция



Наименование материала		Толщина изоляционного материала, мм	Односторонняя толщина изоляции стержня, мм	
			до 300 *в*	301—525 *в*
Пазовая часть	Микафолий	0,15; 0,20 0,25; 0,30	0,45	0,6
	Бумага телефонная лакированная	0,05	0,25	0,25
Лобовая часть	Микалента	0,13	0,26	0,26
	Лента миткалевая	0,18	0,36	0,36
	Лента тафтяная	0,20	—	—

в) Укладка роторных стержней в пазы

Предварительно изогнутые с одной стороны и изолированные стержни укладывают в пазы.

Укладку начинают с установки соединительных дуг (перемычки) со стороны контактных колец, которые затем изолируют, чтобы не повредить изоляцию лобовых частей при забивании стержней.

Соединительные дуги (перемычки) во избежание небаланса ротора должны располагаться симметрично по всей окружности ротора.

После забивки всех стержней нижнего слоя на их лобовые части ставят временные бандажи из мягкой стальной проволоки, чтобы их прижать к обмоткодержателю, и приступают к загибке лобовых частей стержней, которые до этого оставались прямыми.

Стержни загибают при помощи двух ключей (рис. 4-32). Ключ *1* берут в левую руку и зевом надевают на выходящую из паза на прямую часть стержня *2*, а правой рукой берут ключ *3* и надевают на лобовую часть стержня и вплотную подводят к ключу *1*.

Ключом *3* делают изгиб стержня на заданный угол соответственно шагу. Таким путем изгибают все нижние стержни. Затем на них наматывают временные бандажи и легким ударом молотка через фибровую прокладку осаживают на дно паза и одновременно обтягивают бандажом, закручивая его плоскогубцами.

Затем отгибают концы, предназначенные для надевания хомутиков [эту операцию проводят теми же ключами (рис. 4-32)], снимают временные бандажи с лобовых частей и на них накладывают изоляцию из электрокартона, закрепляемую киперной лентой. Толщина изоляции определяется напряжением ротора.

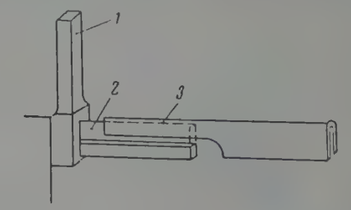


Рис. 4-32. Ключ для изгибания роторных стержней.

По окончании этой операции приступают к забивке в пазы верхних стержней.

Технология забивки верхних стержней такая же, как и нижних, с той лишь разницей, что их укладка производится со стороны привода. Когда верхние стержни уложены в пазы, на стороне привода также ставят временные бандажи, а все концы стержней на этой стороне временно соединяют медной проволокой для испытания изоляции на отсутствие замыкания на корпус. Если изоляция выдержала испытание, производят загибку стержней аналогично загибке стержней нижнего ряда, только в противоположную сторону.

На загнутые лобовые части верхних бандажей также ставят два временных бандажа, которыми верхние стороны лобовых частей прижимаются к изоляции, лежащей между верхними и нижними стержнями.

Изоляции на корпус в процессе обмотки испытывают следующим образом: один электрод приставляют к одному из стержней обмотки, а другой — к зубцу ротора или к валу. Так как все стержни соединены медной проволокой, одновременно испытывают электрическую прочность изоляции всех стержней.

Стержни соединяют посредством пайки, для чего их попарно соединяют медными скобочками, которые предварительно заготавливают на оправке (рис. 4-33).

Так как концы стержней, разделенные изоляцией, не могут плотно прилегать друг к друг-

[illegible] между ними забиваются медные клинышки.

Вместо ручной пайки концов стержней со скобочками (ручным электропаяльником), что малопроизводительно и требует большого [illegible] производить приспособлением, приведенным на рис. 4-11.

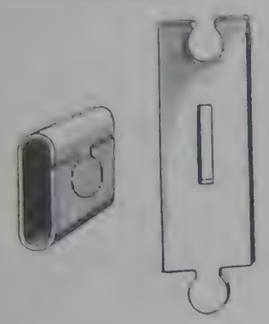


Рис. 4-33. Скобочки для соединения стержней ротора.

Для увеличения надежности соединений стержней и хомутиков в последнее время стали применять их варку или пайку твердым медно-фосфористым припоем.

4-11. НАЛОЖЕНИЕ ПРОВОЛОЧНЫХ БАНДАЖЕЙ

Наблюдаются следующие дефекты проволочных бандажей фазных роторов: распайка, ржавление, сползание, разрыв.

Причиной распайки бандажа может быть применение припоя с более низкой температурой плавления, неудовлетворительно выполненная пайка из-за нагрева вихревыми токами, недостаточного количества замков и т. д.

Если распайка произошла вследствие чрезмерного нагрева вихревыми токами, необходимо наряду с перепайкой бандажа установить и устранить причину появления вихревых токов.

Если распайка произошла вследствие недостаточного количества замков, поставленных при наложении бандажа, бандаж следует полностью сменить.

Если при работе электродвигателя бандаж сползает, что является следствием слабого натяга проволоки при наложении бандажа, исправить дефект можно только полной сменой бандажа.

Если бандаж проржавел или разорвался, его также следует полностью заменить.

Перед размоткой дефектного бандажа необходимо составить подробное описание старого бандажа с составлением эскиза, на котором должны быть нанесены размеры всех его деталей, характеристика материалов, форма замков, количество материалов, секционирование бандажа (т. е. число секций в бандаже), характер подбандажной изоляции, размер бандажной проволоки, количество витков в слое и количество слоев.

Старую проволоку использовать вторично для намотки бандажа нельзя. Новая бандажная проволока должна быть снабжена техническим паспортом.

Проволока при намотке бандажа должна иметь натяг согласно данным табл. 4-18 для создания необходимого давления бандажа на лобовые части обмотки, превышающего центробежные растягивающие усилия, возникающие при вращении ротора. Только при этом условии бандаж будет работать как кольцо.

После снятия старого бандажа и перед намоткой нового на лобовые части предварительно накладывают временные бандажи и ротор просушивают.

Конструкция нового бандажа, толщина и марка проволоки, число слоев и количество витков в слое должны соответствовать данным старого бандажа, нанесенным на эскиз, составленный при его размотке.

Бандаж накладывается на лобовые части в местах, где обмотка опирается на обмоткодержатель или нажимную шайбу.

Таблица 4-18

Натяжение стальной проволоки при бандажировке

Диаметр проволоки, мм	Рекомендуемое натяжение, кГ
0,8	40—50
1,0	50—60
1,2	65—80
1,5	100—120
2,0	180—200
2,5	Более 200

Лобовые части изолируют от бандажа пропитанным электрокартоном, миканитом или асбестовым полотном. Род изоляционных материалов и толщина изоляции должны быть такими же, какие были применены в старом бандаже. Изоляция лобовых частей должна быть на 10—15 мм шире накладываемого бандажа.

Накладывать бандажи начинают со стороны активной стали ротора. По мере намотки витки бандажа плотно подбивают к соседним, ранее намотанным виткам фибровой подбойкой и молотком.

Приблизительно через каждые 70—90 мм по окружности бандажа под бандажную проволоку при наложении бандажа кладут «замки», состоящие из полосок белой жести толщиной 0,3—0,5 мм и шириной 10 мм. Длина этих полосок должна быть на 20 мм больше ширины секции бандажа с тем, чтобы после намотки бандажа их концы можно было загнуть поверх бандажа и запаять.

Начало бандажа огибают скрепкой, конец которой прижимают следующими витками (рис. 4-34,*а*). Для конца бандажа ушко в скрепке делают заранее, а конец вводят после окончания намотки и пропайки бандажей, когда переходные витки проволоки перерезаны (рис. 4-34,*в*). На каждый бандаж ставят один замок для начала и один для конца. По остальной окружности располагаются промежуточные замки (рис. 4-34,*б*).

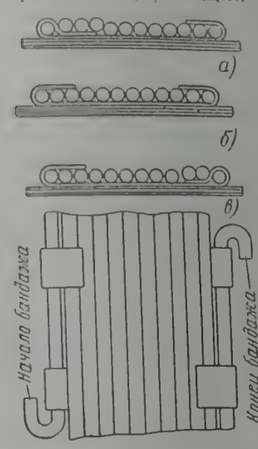


Рис. 4-34. Заделка концов бандажа.

1 — начало бандажа; *2* — конец бандажа.

Так как при намотке бандажа натяг проволоки неравномерен, что создает неодинаковое напряжение в витках бандажа для равномерного распределения напряжений во всех витках бандажа, после намотки и загибки замков бандаж пропаивают по всей окружности, превращая его в сплошное кольцо.

Пайку бандажей производят в процессе и после намотки. При намотке пропаивают начала и концы бандажей в местах ответвления от них переходных витков, когда несколькими витками бандажной проволоки вразбежку переходят к намотке следующей секции бандажа, а после намотки и заделки концов пропаивают всю поверхность бандажа.

Паяют электрическим паяльником, который должен быть хорошо прогрет, при этом процесс пайки должен быть произведен быстро для уменьшения времени нагрева обмотки, лежащей под бандажом. Пропайку бандажей производят равномерным тонким слоем припоя по всей поверхности бандажа, и после пайки на бандаже не должно быть наплывов.

Чтобы создать равномерное натяжение проволоки в отдельных слоях, усилие натяжения в верхних слоях уменьшают приблизительно на 10% в каждом слое. Например, если бандаж наматывают в три слоя из проволоки диаметром 1 мм и первый слой намотан с натяжением проволоки 60 кГ, то второй слой наматывают натяжением 54 кГ, а третий 48 кГ. Такое натяжение производится потому, что слои бандажа, лежащие внутри, прессуют изоляцию, а верхние слои наматывают, когда изоляция уже спрессована. При одинаковом усилии натяжения проволоки все усилие пришлось бы на последний слой бандажа.

В многослойных бандажах каждый слой закрепляют замками и пропаивают самостоятельно.

Число витков в каждом следующем слое на 3—4 меньше, чем в предыдущем, чтобы крайние витки бандажей не сползали. Во избежание нагрева бандажа вихревыми токами замки надо устанавливать один от другого на расстоянии двойного полюсного деления (2τ).

Рис. 4-35. Блоки для натяжения бандажной проволоки

1 — проволока.

Для наложения бандажа могут быть использованы центры токарного станка или примитивного бандажировочного станка. Так как при бандажировке ротор должен вращаться медленно, его вращают вручную или электродвигателем через ременную передачу, перекинутую от шкива электродвигателя на бочку ротора. Натяжение бандажной проволоки создается при прохождении проволоки от бухты к ротору через систему блоков (рис. 4-35). Рама блоков прикрепляется должным образом к полу или стене. Чем большее число роликов будет охватывать проволока, тем с бо́льшим натяжением она будет наматываться на ротор (рис. 4-36).

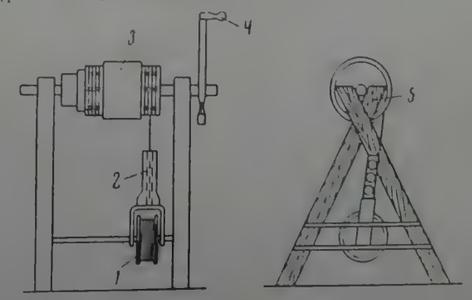


Рис. 4-36. Бандажировочный станок.

В примитивном станке (рис. 4-36) козлы 5 выполняются из деревянных брусьев. На ось, сделанной из газовой трубы и укрепленной

...ницу, между ними помещается барабан *1* с бандажной проволокой. Барабан охватывают вилки с ...ными родиками (одноками) *2*, ...ивая спокойное движение проволоки. Ротор *3* укладывают на козлы и ручкой *4* приводят его во вращение.

Для намотки бандажей вручную может также служить приспособление, показанное на рис. 1-37. При использовании этого приспо-

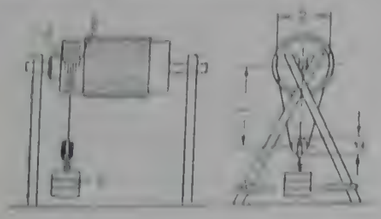


Рис. 1-37. Приспособление для бандажировки роторов

собления на бандажную проволоку предварительно надевают ролик без груза; один конец проволоки закрепляют на роторе (точка *А*, рис. 1-37), после чего на лобовую часть обмотки без всякого натяжения наматывают нужное число витков бандажа и второй конец бандажной проволоки закрепляют на роторе (точка *Б*). После предварительной намотки бандажа к натянутому на проволоку ролику подвешивают груз и вращением ротора создают петлю и укладывают бандаж.

Вес груза для создания соответствующего натяга бандажной проволоки определяется по формуле

$$Q = P\sqrt{4 - \left(\frac{D}{l} - \frac{d}{l}\right)^2},$$

где P — требуемую величину натяга ($кГ$) берут по табл. 1-18;

D — диаметр ротора, *мм*;

d — диаметр ролика, *мм* (берется не менее 60 *мм*);

l — расстояние между осями ротора и блока, *мм*.

Замена бандажной проволоки на проволоку ...ого диаметра не рекомендуется. Однако в случае необходимости при замене одновременно следует изменить и число витков бандажа, которое будет обратно пропорционально квадрату диаметров старой и новой проволок:

$$n_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} n_1,$$

где n_2 — новое число витков;

n_1 — старое число витков;

d_2 — новый диаметр проволоки;

d_1 — старый диаметр проволоки.

Расчет проволочных бандажей

Проволочный бандаж при расчете следует рассматривать как свободно вращающееся кольцо, равномерно нагруженное по всей окружности центробежными силами. Поэтому бандаж рассчитывают на растяжение под действием центробежных сил обмотки лобовых частей и собственного веса бандажа при угловой скорости ротора, равной 1,2 нормальной скорости ротора (1,2 n_1).

Расчет бандажа производят по следующей методике.

Определяют величину центробежной силы

$$C = \frac{G}{g}\omega^2 R \ [кГ],$$

где G — вес лобовых частей обмотки с изоляцией и креплениями, $кГ$;

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 $см/сек^2$;

R — расстояние от середины вылета до центра вала, $см$;

ω — угловая скорость, равная $\frac{\pi n_1}{30}$.

Определяют силу, растягивающую бандаж,

$$P = \frac{C}{2b}.$$

Определяют величину напряжения σ_1 в бандаже от ц. центробежной силы под действием собственного веса

$$\sigma_1 = KD_6^2\left(\frac{n_1}{1000}\right)^2,$$

где $D_б$ — диаметр бандажа, $см$;

n_1 — рабочее число оборотов;

K — коэффициент для стальной проволоки, равный 0,025.

Сумма напряжений в бандаже $\sigma_1 + \sigma_2 = \sigma_в$ не должна превышать 35 $кГ/мм^2$.

Определяют число витков бандажа

$$w = \frac{P}{\pi d^2 \sigma_в},$$

где $\sigma_в$ — напряжение в бандаже = 235 $кГ/мм^2$;

d — диаметр бандажной проволоки, $мм$.

При выборе диаметра бандажной проволоки следует ориентироваться на диаметры 0,5—1,5 *мм* (см. табл. 6-30); при этом чем больше диаметр ротора, тем больше берут диаметр бандажной проволоки (бандажная проволока обязательно должна иметь технический паспорт).

Количество витков бандажа может быть определено по формуле

$$w_б = 1{,}13\,\frac{GD_в}{d^2(R_z - \sigma_1)}\left(\frac{n_1}{1000}\right)^2,$$

где R_z — допускаемое напряжение на растяжение в бандаже, равное для стальной проволоки 3000—3500 $кГ/см^2$;

$D_в$ — средний диаметр лобовых частей обмотки, $см$.

Обычно при больших окружных скоростях ротора[1] число витков бандажа ротора получается большим, что вызывает затруднение при их укладке на отведенной для них цели часто лобовые части ротора.

В таких случаях бандажную проволоку накладывают в два и три ряда по высоте, наблюдая за тем, чтобы диаметр бандажа не выходил за диаметр стали ротора.

Если цели недостаточно места грубо уменьшить размер число витков, можно прибегнуть к замене диаметра бандажной проволоки на больший, что приведет к уменьшению числа витков. При такой замене расчет бандажа должен быть заново произведен.

У ротора со скоростью вращения 1 500 *об/мин*, весом лобовой части с изоляцией одной стороны обмотки $G = 54$ $кг$, средним диаметром обмотки в лобовой части $D_в = 49{,}0$ *см*, диаметром проволоки $d = 0{,}76$ *мм*, диаметром бандажа (окружность) $D_б = 52$ *см* даны данные бандажа определяют следующим образом.

Определяют напряжение бандажа от собственной центробежной силы

$$\sigma = KD_1^2\left(\frac{n_1}{1000}\right)^2 = 0{,}022 \cdot 23{,}5^2\left(\frac{1500}{1000}\right)^2 = 25 \ кГ/см^2.$$

Определяют необходимое число витков бандажа по одной из приведенных формул. В данном случае удобнее по формуле

$$w = 1{,}13\,\frac{GD_в}{d^2(R_z - \sigma_1)}\left(\frac{n_1}{1000}\right)^2 = 1{,}13\,\frac{5{,}4 \cdot 49{,}0}{0{,}076^2(3000 - 35)}\left(\frac{1500}{1000}\right)^2 = 16 \text{ витков}$$

Проверяют возможность укладки этого количества на тело лобовых частей.

3-12. ПАЙКА, ЛУЖЕНИЕ, СВАРКА

Пайка. Технологический процесс пайки состоит из следующих операций:

Механическая или химическая очистка мест пайки.

Нагрев мест пайки (электрическим паяльником, паяльной лампой, газом и т. п.).

Покрытие мест пайки флюсом.

Предварительное облуживание мест пайки.

Скрепление мест пайки.

Ввод припоя и его расплавление, удаление излишков припоя и остатков флюса.

Механическая очистка спаиваемых поверхностей от жира, окислов, ржавчины производится паяльником, напильником или другим инструментом таким образом, чтобы промежуток между двумя спаиваемыми поверхностями был везде одинаков и составлял 0,1—0,3 *мм*. Такой небольшой промежуток необходим для образования капиллярных сил, которые будут способствовать заполнению припоя. Если механическую очистку деталей нельзя применить, в виде исключения производят химическую очистку, заключающуюся в травлении деталей в кислотах. Для меди и медных сплавов применяют травление в 10-процентном растворе серной кислоты, подогретой до 50—70° С.

Так как кислоты разъедают медь, а их пары разрушают изоляцию, то после травления детали должны быть тщательно очищены от остатков кислоты.

Для защиты металлов от окисления в процессе пайки применяют химические вещества — флюсы. При ремонте электродвигателей применяют только флюсы, не оставляющие остатка: канифоль, воск, вазелин.

Наиболее распространение имеет канифоль, которая совершенно не соединяется с медью и не выделяет паров, разъедающих изоляцию проводников. Образующаяся после пайки пленка канифоли водонепро-

...пускает, поэтому даже сели на нее очень сильно ...ались остатки кислоты, коррозия не ...

Канифоль в качестве флюса применяют при пайке и лужении обмоточных и монтажных проводов, ...ей, ...ей, ...ей

…я вынимают и охлаждают. При лужении медных или латунных изделий температура оловянно-свинцовой ванны не должна превышать 210—220° С, так как при температуре 250—300° С медь интенсивно растворяется в жидком сплаве и покрывается сплавами олово — свинец — медь. Также при лужении стальной проволоки или листов методом погружения происходит растворение железа в олове или оловянно-свинцовом сплаве, причем образующееся тугоплавкое соединение оседает на дно ванны. Поэтому для предотвращения растворения посторонних металлов в ванне рекомендуется строго следить за тем, чтобы температура ванны не повысилась выше допустимой. При лужении в ваннах с расплавленной полудой поверхность последней быстро окисляется кислородом воздуха, особенно в связи с наличием паров флюсов, находящихся на поверхности погружаемых в ванну предметов; вследствие этого на поверхности жидкого металла образуются значительные количества гари, потери, связанные с окислением полуды, могут доходить до 30%. Для предупреждения окисления расплавленный металл в ванне засыпают толченым коксом, древесным углем или измельченным асбестом.

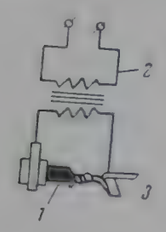


Рис. 4-38. Соединение проводов после скручивания.

1 — угольный электрод; *2* — трансформатор; *3* — свариваемые концы.

Сварка оплавлением. Для соединения катушек в электродвигателях серий А и АО вместо пайки применяется сварка методом оплавления.

Сварка оплавлением производится с помощью сварочного трансформатора с вторичным напряжением до 22 *в* (рис. 4-38) или подводом угольного электрода с пониженным напряжением к свариваемому месту (рис. 4-39). Соединяемые концы проводов предварительно скручиваются (см. приложения) и при протекании тока в месте соприкосновения скрутки с угольным электродом свариваются.

Такой способ можно применить и при соединении концов проводов в процессе сборки схем обмоток статоров. Этот способ соединения можно рекомендовать для соединения проводов диаметром 0,8 *мм* и выше.

Пайку проводов диаметром 0,3—3,8 *мм* в стык можно производить контактным нагревом (рис. 4-40). К пайке приступают после тщательной очистки, подготовки торцов и полуды концов проводов.

Для процесса пайки провода методом припоя и флюса концы зажимают между электродами и нагревают до темно-красного цвета, после чего нагрев отключают и место спая посыпают порошком буры, которая расплавляется и покрывает концы проводов тонким стекловидным слоем; затем подогрев снова включают.

После повторного включения подогрева место спая нагревается до расплавления и равномерного растекания приложенного припоя. После отключения подогрева место спая охлаждают (можно сжатым воздухом) и зачищают напильником так, чтобы сечение было равномерным.

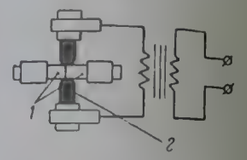


Рис. 4-40. Соединение проводов встык пайкой.

1 — спаиваемые концы; *2* — угольный электрод.

Качество пайки, помимо наружного осмотра, может быть проверено однократным небольшим сгибанием и разгибанием места соединения проводов. Отсутствие излома подтверждает хорошее качество пайки.

По данной схеме можно производить сварку концов проводов без припоя и флюса, но такое соединение будет недоброкачественным.

Для пайки проводников твердым припоем можно пользоваться электропаяльными щипцами (рис. 4-41), так как обычные клещи для этих целей непригодны из-за быстрого и большого нагрева, особенно ручек, и быстрого повреждения токоподводящих креплений.

Электропаяльные щипцы имеют специальную теплоотводящую трубку *5* и токоподводы без болтов и позволяют производить сварку в малодоступных местах.

Для развода электродов щипцы снабжены держателем с пружиной *15*. Ось *9* изолируется и укрепляется в одной из губок; вторая губка свободно поворачивается на оси. Соединение провода *1* с трубкой *5* и трубки *5* с губкой *7* осуществляется пайкой с применением твердого припоя. Губки *7* и *8* желательно делать из нержавеющей стали или составными — гнездо электрода из нержавеющей стали, а остальную часть из стали 0.

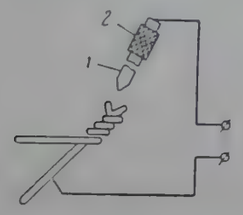


Рис. 4-39. Пайка схемы.

1 — угольный электрод; *2* — изолированная ручка.

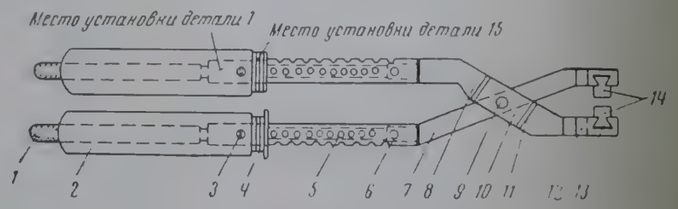
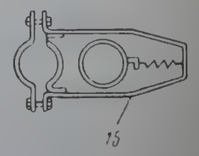


Рис. 4-41. Щипцы для пайки проводников.

1 — провод; *2* — ручка; *3* — винт; *4* — медный бандаж; *5* — теплоотводящая трубка; *6* — медная заклепка; *7* и *8* — губки; *9* — фасонная ось; *10* — фасонная шайба; *11* — прокладка; *12* — опорная пластина; *13* — медный клин; *14* — угольный электрод; *15* — пружина.



4-13. ПРОПИТКА, ПОВЕРХНОСТНОЕ ПОКРЫТИЕ, ПЕЧНАЯ СУШКА

а) Пропитка

При модернизации электродвигателей немаловажную роль играют выбор пропиточных лаков и методы пропитки обмоток.

Для обеспечения надежности обмоток в эксплуатации необходимо, чтобы применяемый пропиточный лак высыхал и в глубине обмоток при ограниченном доступе кислорода, а при нагреве до рабочих температур не сильно размягчался, что может привести к его выбрызгиванию при вращении ротора.

Кроме того, пропитывающий лак должен обеспечить хорошую наполненность обмотки лаковой основой, для чего применять его следует с относительно большим содержанием нелетучих. После высыхания пропиточный лак должен обладать достаточными электроизоляционными свойствами.

На основании производственного опыта по применению лаков можно заключить, что асфальтомасляные лаки плохо просыхают в толстых слоях и глубине обмоток, а обмотки, пропитанные этим лаком, обычно, особенно в глубине, недостаточно сцементированы. При повышении температуры цементация ухудшается, так как при этом лак размягчается. Применять более густые асфальтомасляные лаки нельзя, так как с увеличением содержания пленкообразующих веществ резко повышается их вязкость и ухудшается пропитывающая способность.

При применении новых лаков большое внимание следует уделить подбору оптимальной концентрации лака, обеспечивающей хорошую пропитку и хорошую наполненность обмотки.

Некоторые термореактивные лаки менее вязки и обладают хорошей пропитывающей способностью, даже при высоком содержании пленкообразующих веществ и хорошо просыхают в глубине обмоток и толстых слоях при ограниченном доступе кислорода воздуха.

Однако на основании опыта эксплуатации и по соображениям экономического порядка при модернизации обмоток с применением даже изоляций класса В, где не требуется повышенной цементации обмоток, применение асфальтомасляных лаков для пропитки обмоток следует сохранить, за исключением обмоток, работающих с повышенными перегревами (тяговые, крановые и др.) или предназначенных для работы в ненормальных условиях по температуре и среде.

После выбора марки изоляционного лака следует определить и рациональное количество пропиток, в основном зависящее от условий, в которых эксплуатируется электродвигатель.

Нормальные условия эксплуатации требуют меньшего числа пропиток, а электродвигатели, работающие в ненормальных условиях (повышенная влажность, химическая среда, высокая окружающая температура и т. п.), требуют большего количества пропиток.

Кроме того, при определении числа пропиток следует учитывать и класс изоляции обмоток по нагревостойкости.

Изоляция класса А, состоящая из волокнистых органических материалов, при прочих равных условиях требует большего количества пропиток, чем изоляция класса В, в основном состоящая из проклеенных слюдяных и стекловолокнистых материалов и содержащая ограниченное количество предварительно пропитанных волокнистых органических материалов.

Следует помнить, что качество пропитки определяет не число пропиток, а наполненность изоляции основного лака независимо от того, за какое количество пропиток оно получено, поэтому при пропитках на эту сторону следует обратить особое внимание.

Предварительная сушка обмоток электрических двигателей до пропитки может быть весьма ограничена, так как цель сушки — предварительное удаление влаги из органической волокнистой изоляции и улучшение проникновения лака при пропитке.

При разработке технологического процесса пропитки обмоток желательно применение наиболее передового технологического метода пропитки путем горячего погружения обмотки в пропиточную ванну с лаком в вертикальном или наклонном положении.

Конструкция пропиточного бака приведена на рис. 4-42.

Перед пропиткой обмотки (статор и фазный ротор) в течение 3—5 *ч* подвергают предварительной сушке при 100—110° С.

Температура лака в пропиточной ванне до начала пропитки должна быть доведена до 40—50° С. Высушенные статоры или роторы, остывшие до 50—70° С, погружают в ванну в вертикальном (или наклонном) положении так, чтобы обеспечить уровень лака в пропиточной ванне на 100—200 *мм* выше пропитываемого электродвигателя.

При пропитке статоры следует выдерживать в пропиточной ванне до полного прекращения выделения пузырьков воздуха на поверхности лака ванны (практически 10—15 *мин*). После этого электродвигатели извлекают из ванны и устанавливают над пропиточным баком в вертикальном положении для того, чтобы дать возможность излишнему лаку стечь обратно в ванну. Пропитку повторяют требуемое число раз.

После окончания пропитки внутреннюю поверхность расточки статора, корпус, шейки валов и их концы следует протереть тряпкой или чистыми концами, смоченными бензином или уайт-спиритом (выводные концы протирают после каждой пропитки).

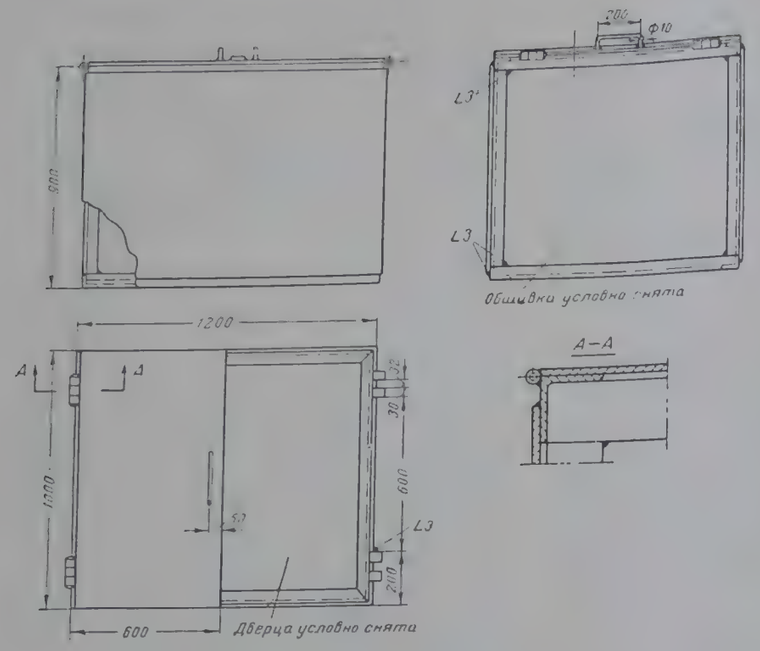


Рис. 4-42. Бак для пропитки. Общий вид.

При многократных пропитках время выдержки обмоток в лаке от пропитки до пропитки во избежание сильного растворения предыдущего слоя лака должно уменьшаться.

После пропитки должно быть обеспечено стекание избытка лака без применения искусственных мер его удаления.

Для ускорения процесса сушки обмоток после пропитки ее следует производить при максимально допустимой температуре для данного вида изоляции с максимально целесообразным обменом воздуха.

После загрузки электродвигателей в сушильную печь следует учитывать и время разогрева обмоток и по возможности исключить ступенчатую сушку при различных температурах.

Во избежание разрушения изоляции вращающиеся обмотки и обмотки из эмалированных проводов должны быть после пропитки тщательно высушены.

При пропитке обмоток погружением в пропиточный бак часть пропиточного лака, прилипшая к корпусу статора (или к валу фазного ротора), очевидно, расходуется непроизводительно. Кроме того, возникает дополнительная работа по чистке корпуса или вала.

На рис. 4-43 приведена конструкция установки для пропитки статора и роторов, дающая возможность пропитывать только внутреннюю часть статора, подавая пропиточный лак давлением только в расточку и на лобовые части. Для пропитки роторов на дне пропиточного бака вделывается труба, куда опускается конец вала ротора. При пропитке корпус статора перекрывают крышкой, у которой торцы обрабатываются заточками, накрывающими отверстие корпуса статора. Такое устройство при пропитке дает возможность экономить пропиточный лак и время по очистке внешней части корпуса от лакового покрова.

Перекрываемые крышки могут быть изготовлены для каждого наружного диаметра корпуса статора или одна крышка может быть обработана с разными диаметрами выточек для разных диаметров корпусов в зависимости от наиболее часто поступающих в

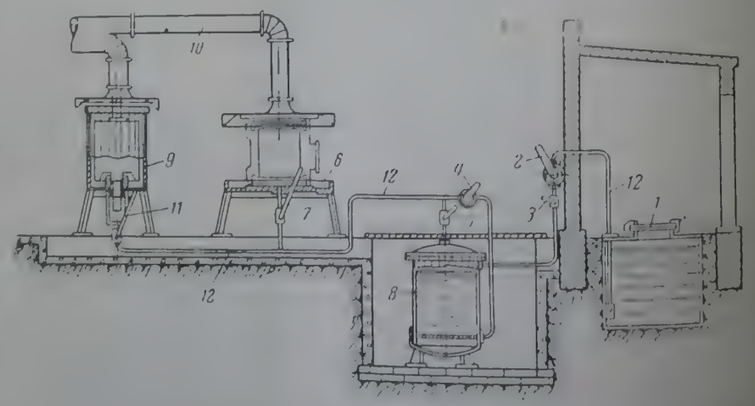


Рис. 4-43. Установка для пропитки статоров и роторов.

1 — резервуар лака; *2* — ручной насос; *3* — кран; *4* — ручной насос; *5* — кран; *6* — торец статора, перекрытый столом; *7* — кран; *8* — рабочий бак с лаком; *9* — пропиточный бак; *10* — вытяжка; *11* — насос; *12* — лакопровод.

ремонт электродвигателей. При таком методе пропитки запас лака хранится в резервуаре *1*, который находится в отдельном помещении. Доливка лака или растворителя до определенной вязкости производится в этом помещении. В рабочий бак *8* лак перекачивается ручным насосом. При перекачке кран *5* должен быть перекрыт.

Необходимо следить за состоянием лака в пропиточном баке, так как он вследствие испарения разбавителя быстро густеет и делается непригодным.

В таких случаях необходимо добавить разбавитель (см. табл. 4-19). При добавлении разбавителя загустевший лак размешивают мешалкой. Температура разбавителя должна быть примерно равна температуре разбавляемого лака. Вливать холодный разбавитель в горячий лак нельзя.

Смеси разбавителей следует применять только в готовом виде, для чего их предварительно заготавливают и только после этого разбавляют лаком. Добавлять в лак отдельные составляющие смеси нельзя.

Примечание. Бензол разрешается применять в качестве разбавителя лаков № 458 и 447 только при отсутствии толуола и ксилола. Содержание бензола в лаке не должно превышать 25%.

Для определения необходимого количества разбавителя пользуются формулой

$$Q_р = Q_л \frac{\gamma_л - \gamma_р}{\gamma_р - \gamma_с},$$

где $Q_р$ — объем добавляемого разбавителя;

$Q_л$ — объем разбавляемого лака;

$\gamma_л$ — удельный вес разбавляемого лака;

$\gamma_р$ — удельный вес разбавителя;

$\gamma_с$ — необходимый удельный вес смеси.

Таблица 4-19

Удельный вес лаков и разбавителей

Лаки		Разбавители	
Номер	Удельный вес при 20° С	Наименование	Удельный вес при 20° С
458	0,85	Уайт-спирит	0,79
447	0,85	Толуол	0,86
465	0,85	Ксилол	0,86
320	0,83	Бензин первого сорта	0,72
321	0,83	Бензин	0,87

б) Покрытие обмоток

Покрытие (поверхностное) обмоток изоляционным лаком производится в тех случаях, когда при ремонте электродвигатель не перематывался, а лишь устранялись местные дефекты изоляции.

При покрытии обмоток лаком следует, исходя из условий эксплуатации, определить кратность покрытия, так как при многократном покрытии улучшается заполнение пор изоляции обмоток и повышаются ее изоляционные свойства. На основании опыта можно рекомендовать следующие кратности покрытия лаком обмоток электродвигателей:

1. Электродвигатели нормального исполнения, предназначенные для работы в помещениях с нормальной влажностью (до 60—70% относительной влажности), подвергаются одно- или двукратному покрытию.

2. Электродвигатели влагостойкого исполнения, предназначенные для работы в помещениях с повышенной влажностью (до 80—90% относительной влажности), подвергаются трехкратному покрытию.

3. Электродвигатели, предназначенные для длительной работы на открытом воздухе, а также в условиях, когда изоляция обмоток может подвергаться воздействию химических газов, подвергаются 3—5-кратному покрытию.

4. Лобовые части электродвигателей, предназначенных для работы в активно воздействующей среде (химические реагенты, эмульсии, проводящая пыль), рекомендуется обмазывать компаундной массой Л4402 или пастой ЭЛСИ. Эти обмазки наносят на лобовые части, втирая их шпателем, заполняя, таким образом, все неплотности и открытые места, а также места выхода из пазов. Наложение компаунда производят дважды. Общая толщина слоя пасты или компаунда на торцах обмотки не должна превышать 3 мм и в местах выхода обмотки из пазов 8—10 мм. Сушку пасты ЭЛСИ следует производить после нанесения каждого слоя в отдельности, сначала 1—2 *ч* на воздухе, а затем в печи в течение 5 *ч* при температуре 120° С или 8—10 *ч* при температуре 80—90° С. Сушку компаунда Л4402 производят при температуре 100° С в течение 4 *ч*.

Вся поверхность обмотки должна быть покрыта лаком, а само покрытие произведено таким образом, чтобы слой пленки лака по всей поверхности был по возможности равномерным.

При ремонте электродвигателей применяют следующие методы покрытия изоляционными лаками.

Лакировка методом пульверизации. При покрытии обмоток электрических машин методом пульверизации жидкий лак распыляется струей сжатого воздуха и наносится на поверхность обмотки. Нанесение

лака на изоляцию обмотки электрической машины методом пульверизации является наиболее удобным, технически простым и совершенным. Однако при пульверизации не всегда обеспечивается надежное покрытие труднодоступных поверхностей обмоток. Для лакировки обмоток методом пульверизации в резервуар «пистолета» заливается лак, разбавленный соответствующим растворителем до требуемой вязкости и обмотку покрывают лаком с помощью «пистолета» равномерно по всей поверхности. После каждого покрытия лаку дают подсохнуть на воздухе в течение 20—30 *мин*.

Нанесение лака кистью. Этот способ наиболее простой и наименее совершенный. При нанесении лака вручную кистью трудно добиться равномерного покрытия, поэтому этот метод следует применять только в тех случаях, когда другие, более совершенные методы нанесения лака недоступны.

Для окончательной отделки и образования гладкой поверхности обмотки ее покрывают лаком воздушной сушки (см. § 6-1). Сушку обмоток после покрытия производят на воздухе до исчезновения липкости. Для сокращения времени сушки лакового покрытия до 3—4 *ч* можно применять сушку методом нагрева стали.

в) Сушка

Сушку обмотки производят в сушильной печи в течение 6—9 *ч* при 110—120° С (рис. 4-44).

Время пребывания электродвигателя в печи при температуре ниже 100° С не учитывается в установленное для сушки время. По окончании сушки мегомметром напряжением в 500—1 000 *в* в горячем виде замеряют сопротивление изоляции обмотки. Величина сопротивления должна быть для статоров не менее 1 *Мом*, а для роторов — 0,5 *Мом*.

Лобовые части нагретых обмоток после проверки величины сопротивления изоляции покрывают покровным лаком, подвергают воздушной сушке до исчезновения отлипа.

Если сушка производится при температуре печи 100° С, время сушки удваивается.

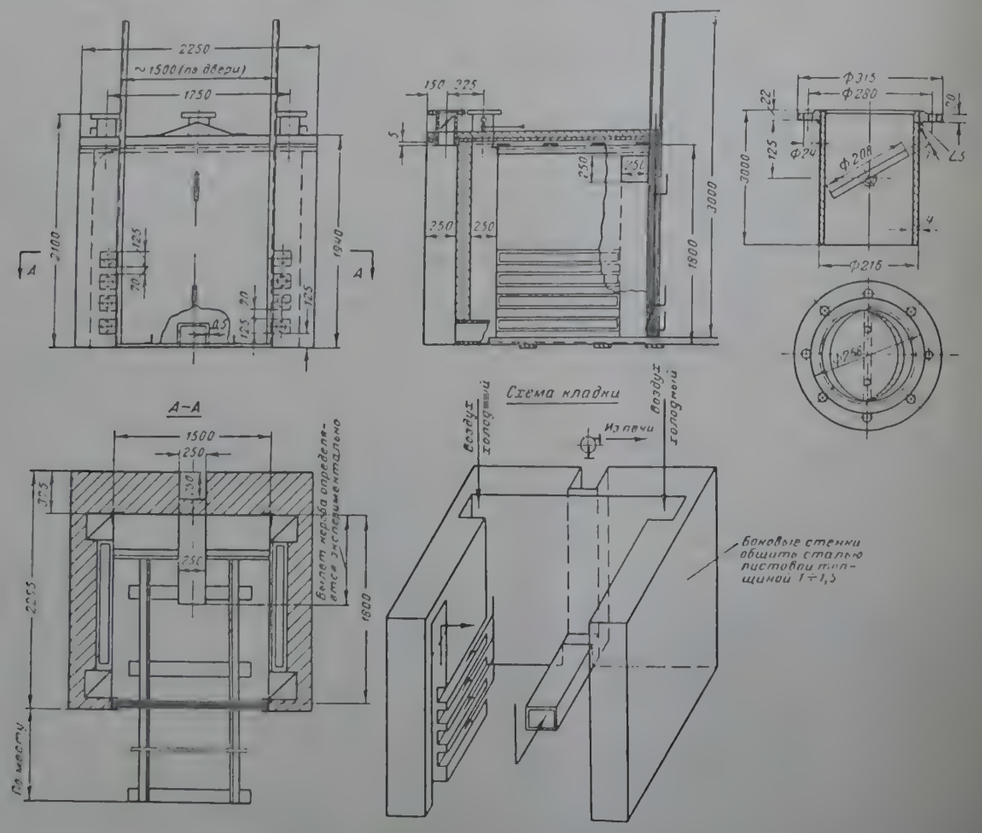


Рис. 4-14. Печь сушильная. Общий вид.

Время пребывания изделий в печи при температуре ниже 100° С не учитывается.

Общее время нахождения пропитанных изделий до загрузки их в сушильную печь на воздухе должно быть не менее 40 *мин*.

Сушку лобовых частей обмоток статоров и роторов с изоляцией класса А, покрытых эмалью СВД, производят при температуре 60—70° С в течение 3—4 *ч*, а при температуре 20° С до прекращения отлипа.

Контроль качества сушки производится по величине сопротивления изоляции (величина сопротивления не нормирована). Сопротивление изоляции замеряется после окончательной пропитки и сушки 1 000—500-вольтовым мегомметром по истечении не более 3—5 *мин* после выгрузки тележки с узлами из сушильной камеры. Величина сопротивления изоляции должна быть не ниже 0,5—1 *Мом* (при температуре 100—95° С).

При меньших значениях величины сопротивления изоляции производится повторное измерение с замером температуры обмоток, которая должна быть около 100° С.

Обмотки статоров и роторов, не удовлетворяющие указанной величине сопротивления изоляции, должны подвергаться дополнительной сушке до получения требуемой величины сопротивления изоляции.

4-14. ДРУГИЕ СПОСОБЫ СУШКИ ОБМОТОК

а) Инфракрасные лучи

Применение инфракрасных лучей для сушки обмоток электрических машин показало бо́льшую эффективность и экономичность, чем применяющиеся процессы сушки в электрических или паровых печах.

Для сушки и нагревов инфракрасными лучами в настоящее время изготавливаются лампы инфракрасного излучения, представляющие собой несколько видоизмененную обычную лампу накаливания. Нить накала такой лампы имеет температуру ниже, чем у обычной осветительной, а именно, 2 200—2 300° К (Кельвина), что понижает светоотдачу лампы в 2,5 раза, но создает одновременно практически необходимые длины волн для сушки и увеличивает срок службы лампы до 10 000 *ч*.

Данные лампы инфракрасного излучения типа СК-1 250 *вт*, 127 *в*; СК-2 500 *вт*, 127 или 220 *в*.

Для концентрации энергии и направления ее на облучаемый объект колба лампы типа СК сделана в виде параболы, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем серебра, служащего отражателем.

Уменьшение температуры нити в лампах типа СК увеличивает степень инфракрасного излучения в диапазоне длины волны, при которой наиболее интенсивно высыхают лаковые покрытия.

Ввиду того, что сущность метода сушки и нагревов инфракрасным облучением заключается в поглощении лучистой энергии и превращении ее в тепловую, существенное значение имеет поглощение облучаемой поверхности.

Таблица 4-20

Способность поглощения лучистой энергии различными материалами

Наименование материала	Характеристика материала	Поглощательная способность
Черное тело	Абсолютно черная	1
Алюминий	Полированная	0,038
"	Шероховатая	0,070
Латунь	Полированная	0,030
Медь	"	0,040
Железо	"	0,144
Эмалевый лак	Толстый слой	0,903
Лак	Черный матовый	0,91
Краска	Алюминиевая на шероховатой стали	0,373
Вода	Толстый слой	0,95

Как показано в табл. 4-20, абсолютно черное тело поглощает всю лучистую энергию, падающую на него.

Большую способность поглощения имеют лаки и вода.

Практическое применение инфракрасных лучей для сушки лаковых покрытий убедило в вышеизложенном и выявило следующую положительную особенность: процесс сушки облучаемой поверхности лакового покрытия происходит не с верхних слоев в глубину, а приблизительно равномерно по всей глубине слоя.

В том случае, если материал подложки является теплоемким, нижние слои покрытия высыхают интенсивнее.

К достоинствам применения инфракрасных лучей следует также отнести:

1) ускорение процессов сушки;
2) экономию электрической или тепловой энергии;
3) экономию производственных площадей;
4) снижение эксплуатационных расходов;
5) улучшение качества сушки.

Конструктивно установка для сушки инфракрасными лампами представляет собой горизонтально расположенный каркас из угловой стали, размеры которой определяются в зависимости от количества электродвигателей, подвергаемых единовременной сушке. Каркас закрыт кожухом. Передняя стенка вы-

полняется в виде дверки, в нижней части которой имеются жалюзи для притока свежего воздуха. Над камерой устанавливается вентилятор с вытяжной трубой. Вдоль боковых стенок камеры симметрично располагаются лампы, укрепленные на двух параллельных щитах из асбеста. Щиты с лампами должны быть смонтированы так, чтобы при надобности они могли бы перемещаться по направляющим к центру печи. Количество ламп определяется в зависимости от объема сушильной камеры. Для камеры с объемом ~ 4 $м^3$ требуется установить 40 ламп по 250 *вт*. Питание ламп рекомендуется производить от специально намотанного понижающего автотрансформатора с вторичным напряжением на 20—30% ниже номинального напряжения ламп. Хотя это уменьшает рабочую температуру накала нити, однако резко удлиняет срок службы ламп.

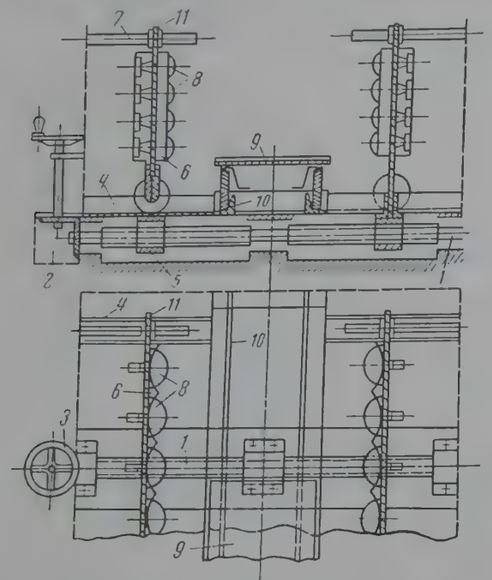


Рис. 4-45. Печь для сушки электрических машин инфракрасными лучами.

1 — вал приводного механизма; *2* — редуктор; *3* — маховичок; *4, 7* и *10* — направляющие; *5* — гайки; *6* — корытообразные рефлекторы; *8* — лампы; *9* — тележка; *11* — параллельные щитки.

Для наилучшего использования инфракрасных ламп и обеспечения более равномерного распределения лучистой энергии на обмотки электродвигателей применяются групповые корытообразные рефлекторы из белой жести.

Все внутренние стенки печи надлежит покрасить белой эмалью. В связи с тем, что при инфракрасном методе сушки передача тепла конвекцией незначительна, для обеспечения равномерного прогрева до необходимой температуры всего сушильного пространства рекомендуется установить внутри камеры электрический калорифер (дополнительная электропечь требуемой мощности).

На рис. 4-45 приведен эскиз электрической печи для сушки инфракрасными лучами.

Технологический процесс сушки в этих печах имеет некоторые особенности, которые следует учесть:

1. Загрузка сушильной печи производится по возможности однотипными по своим габаритам статорами, что позволит отрегулировать расстояние до инфракрасных ламп. Обмотки статоров следует расположить таким образом, чтобы обеспечить наиболее интенсивное облучение инфракрасными лучами.

2. Для ускорения процесса сушки вентилляцию воздуха в печи рекомендуется поддерживать интенсивной вплоть до конца сушки.

Оптимальная температура и продолжительность сушки обмоток инфракрасными лучами в каждой установке зависят от расстояния между излучающими лампами и поверхностью обмоток, от степени вентиляции сушильной камеры, концентрации теплового потока и других причин.

Для каждой конкретной установки эти величины определяют опытным путем, изменяя в ту или иную сторону количество включенных ламп и расстояние до поверхности обмоток. Определенными таким путем для данной печи оптимальными данными следует в дальнейшем строго руководствоваться.

Ориентировочные режимы сушки различных типов электродвигателей с помощью инфракрасных ламп приведены в табл. 4-21.

Таблица 4-21

Ориентировочные режимы сушки

Тип электродвигателя (статора)	Лак	Расстояние от ламп до обмоток, *мм*	Продолжительность сушки, *ч*	Температура сушки, °С
МА-92/6 45 *квт*	№ 456 черный	50	20	120
МА-92/6 45 *квт*	№ 320 светлый	50	24	120
МА-203-2/4 27 *квт*	№ 458 черный	35	14	120
То же	№ 320 светлый	35	16	120
А-82/2 75 *квт*	№ 458 черный	50	30	120
То же	№ 320 светлый	50	35	120
АД-61/2 16 *квт*	№ 458 черный	35	10	110
То же	№ 320 светлый	35	12	110
А-52-2 10 *квт*	№ 458 черный	35	9	110
То же	№ 320 светлый	35	11	110

б) Сушка током

Сушка электродвигателей током не рекомендуется, однако в отдельных случаях, когда необходимо прибегнуть к такому методу, следует учитывать, что:

1) температуру надо повышать медленно, постепенно увеличивая ток до 20—25% номинального;

2) во избежание перегрева необходимо часто замерять температуры обмотки, для чего в нескольких местах устанавливают термометры (лучше спиртовые).

Шарики термометров для лучшего контакта с обмоткой, а сами термометры снаружи покрывают ватой для уменьшения теплоотдачи. Температура наиболее нагретых мест обмотки не должна превышать 60—70° С (при этом учитывается, что внутри обмотки температура будет гораздо выше). В течение всей сушки через определенные интервалы времени следует мегомметром замерять сопротивление изоляции, при этом на время измерения электродвигатель должен быть отключен.

в) Сушка индукционным нагревом

Недостатком индукционной сушки в применении к мелким и средним низковольтным электрическим двигателям заключается в том, что при этом методе намагничивающая обмотка состоит из большого количества витков, что удлиняет процесс ее намотки и размотки.

Однако если одновременно сушить несколько электродвигателей с приблизительно одинаковыми размерами активной стали, сушку можно производить индукционным методом, последовательно соединив намагничивающей обмоткой все статоры электродвигателей, подлежащих сушке.

При таком методе и при приблизительно одинаковых размерах сталей статоров количество витков намагничивающей обмотки для каждого статора определяют, исходя из общего количества витков, равномерно распределяемых между подвергающимися сушке статорами.

Если для сушки статора требуется 60 витков, то при одновременной сушке трех таких статоров число витков 60 следует делить на 3, т. е. $\frac{60}{3} = 20$ витков, и на каждый из трех статоров наматывают по 20 витков (рис. 4-46).

При сушке статоров с разными сечениями сердечника распределение числа витков намагничивающей обмотки производится обратно пропорционально сечению спинки сердечника статора (рис. 4-47).

Для определения числа витков намагничивающей обмотки при одновременной сушке статоров с разным сечением спинки сердечника и последовательном соединении их намагничивающей обмотки за основу берется чис-

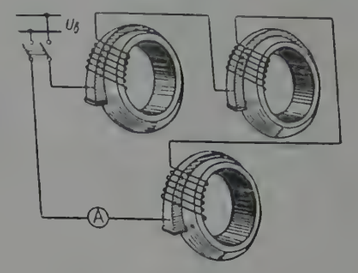


Рис. 4-46. Схема питания намагничивающей обмотки для одновременной сушки трех одинаковых электродвигателей.

ло витков обмотки для наибольшей по сечению спинки сердечника, которое подсчитывается по формуле

$$w = \frac{45\,U}{Q_а},$$

где U — напряжение, *в*;

$Q_а$ — сечение спинки, $см^2$; $Q_а = 0{,}9 \cdot hl$;

$h_а$ — высота спинки сердечника, *см*;

l — длина сердечника, *см*,

а для меньших сечений спинки статоров $Q_{а_1}$ число витков определяют из соотношений сечения спинок сердечников $\frac{Q_{а_1}}{Q_{а_2}} = K$.

Таким образом, до начала сушки определяют сечение сердечника каждого статора, потом число витков намагничивающей обмот-

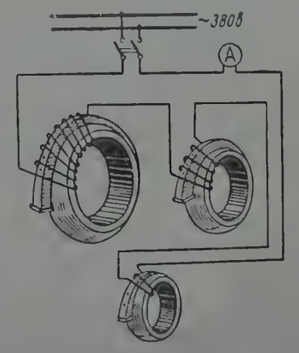


Рис. 4-47. Схема питания намагничивающей обмотки для одновременной сушки трех различных по габариту электродвигателей с различными количествами намагничивающих витков.

Таблица 4-22

Режимы пропитки и сушки статоров

Номер режима и его основные данные	Режим № 1	Режим № 2	Режим № 3
	Лак № [illegible]	[illegible] Эмаль СПД. [illegible]	[illegible] Эмаль СПД. Печная сушка
Род обмотки, типы машин и класс изоляции	[illegible] обмотка. Изоляция класса А	[illegible] Изоляция класса В	Статоры влагостойких машин до [illegible] Шаблонная обмотка. Изоляция класса А и В
Наименование операций	Продолжительность операций		
Сушка 1-я	4 ч	3 ч	3 ч
Пропитка 1-я	15 *мин*	15 *мин*	15 *мин*
Стекание лака	15 *мин*	15 *мин*	15 *мин*
Сушка 2-я	9 ч	8 ч	8 ч
Пропитка 2-я	10 *мин*	10 *мин*	—
Стекание лака	15 *мин*	15 *мин*	—
Сушка 3-я	10 ч	10 ч	—
Покрытие эмалью и выдержка в камере	40 *мин*	40 *мин*	40 *мин*
Сушка эмали	—	5 ч	5 ч

Таблица 4-23

Режимы пропитки и сушки роторов

Номер режима и его основные данные	Режим № 4	Режим № 5	Режим № 6
	Лак № [illegible] печной сушки, 110 ± 5° С Эмаль СПД. Печная сушка	Лак № 447 печной сушки, 110 ± 5° С Эмаль СПД. Печная сушка	Лак № 447 печной сушки, 110 ± 5° С Эмаль СПД. Печная сушка
	Род обмотки, типы машин и класс изоляции		
	Роторы нормальных машин до 500 *в*. Шаблонная обмотка. Изоляция класса А	Роторы нормальных машин. Стержневая обмотка. Изоляция класса А	Роторы влагостойких машин и нормальных машин свыше 500 *в* Стержневая обмотка. Изоляция класса А или А и В
Наименование операций	Продолжительность операций		
Сушка 1-я	4 ч	4 ч	4 ч
Пропитка 1-я	15 *мин*	15 *мин*	15 *мин*
Стекание лака	15 *мин*	15 *мин*	15 *мин*
Сушка 2-я	9 ч	11 ч	8 ч
Пропитка 2-я	10 *мин*	—	10 *мин*
Стекание лака	15 *мин*	—	15 *мин*
Сушка 3-я	10 ч	—	10 ч
Покрытие эмалью и выдержка в камере	40 *мин*	40 *мин*	40 *мин*
Сушка эмали	5 ч	5 ч	5 ч

ки для статора с наибольшим сечением сердечника, затем величину коэффициента K для последующего по сечению сердечника статора и полученное количество витков для наибольшего сечения умножают на K и т. д.

4-15. РЕЖИМЫ ПРОПИТКИ И СУШКИ

а) Пропитка и сушка статоров и роторов

В табл. 4-22—4-24 даны режимы пропитки и сушки статоров и роторов.

Таблица 4-24

Режимы усиленной пропитки и сушки

Номер режима и его основные данные	Режим № [illegible]	Режим № [illegible]	Режим № 9
	Лак № 447 печная сушка, 110 ± 5° С Эмаль СПД. Печная сушка	Лак № 447 печная сушка, 110 ± 5° С Эмаль СПД. Печная сушка	Лак № 458 печная сушка, 110 ± 5° С Эмаль СПД. Печная сушка
	Род обмотки, типы машин и класс изоляции		
	Статоры машин всех исполнений напряжением до 500 *в*	Роторы со стержневой обмоткой	Роторы с шаблонной обмоткой машин напряжением до 500 *в*
Наименование операций	Продолжительность операций		
Сушка 1-я	4 ч	3 ч	4 ч
Пропитка 1-я	15 *мин*	15 *мин*	15 *мин*
Стекание лака	15 *мин*	15 *мин*	15 *мин*
Сушка 2-я	7 ч	12 ч	12 ч
Пропитка 2-я	10 *мин*	8 *мин*	8 *мин*
Стекание лака	15 *мин*	15 *мин*	15 *мин*
Сушка 3-я	7 ч	10 ч	10 ч
Пропитка 3-я	8 *мин*	6 *мин*	6 *мин*
Стекание лака	15 *мин*	15 *мин*	15 *мин*
Сушка 4-я	9 ч	10 ч	10 ч
Пропитка 4-я	6 *мин*	—	5 *мин*
Стекание лака	15 *мин*	—	15 *мин*
Сушка 5-я	12 ч	—	12 ч
Пропитка 5-я	6 *мин*	—	3 *мин*
Стекание лака	12 *мин*	—	15 *мин*
Сушка 6-я	12 ч	—	14 ч
Покрытие эмалью и выдержка в камере	40 *мин*	40 *мин*	40 *мин*
Сушка эмали	5 ч	5 ч	5 ч

б) Пропитка и сушка лодочек и секций

Пропитка и сушка лодочек и секций должна производиться в соответствии с табл. 4-25, а при их размещении в печи для сушки нужно предусмотреть возможность свободного доступа горячего воздуха ко всем секциям.

Пропитка лодочек для секций производится погружением в лак. Температура лодочек или секций должна быть в пределах 70—80° С, а уровень лака на 200—300 *мм* выше пропи-

Таблица 4-25

Таблица режимов пропитки и сушки лодочек и секций электрических машин

Наименование операции	Режим № 1		Режим № 2	
	Лодочка и секции из проводов марки ПБД или марки ПЭЛБО		Секции с микалентной и миканитовой изоляцией (мягкие гильзы), влагостойкая изоляция класса В	
	Температура печи 105+10° С			
	Лак №	Время	Лак №	Время
Сушка до пропитки	—	2 ч		4 ч
Пропитка первая, лак основной	458	10 *мин*	447	10 *мин*
Пропитка первая, лак-заменитель	447	10 *мин*	458	15 *мин*
Стекание лака		15 *мин*		15 *мин*
Сушка после 1-й пропитки (лак основной)		2 ч[1]		8 ч[1]
То же (лак-заменитель)		4 ч		8 ч
Длительность процесса:				
лак основной		4 ч 25 *мин*		12 ч 25 *мин*
лак-заменитель		6 ч 25 *мин*		10 ч 25 *мин*

[1] До отлипа.

тываемой обмотки. Лодочки или секции выдерживают в лаке согласно табл. 4-25.

После пропитки излишкам лака надо дать стечь в течение времени, указанного в таблице режимов.

Сушка производится в течение времени, указанного в таблице режимов, время сушки исчисляется с того момента, как температура печи достигнет 95° С. Время, потребное для доведения печи до указанной выше температуры, в норму времени для сушки не входит.

4-16. БАЛАНСИРОВКА

Существуют различные методы балансировки:

1) статический, который производится при неподвижном роторе;

2) динамический, который производится при вращающемся роторе.

Электродвигатели со скоростью вращения 1 000 *об/мин* и ниже обычно подвергаются статической балансировке.

При балансировке роторов следует учитывать, что чем больше расстояние прикрепленного балансировочного груза от геометрического центра ротора, тем меньше должен быть вес прикрепляемого груза, поэтому при балансировке следует стремиться расположить груз на возможно большем расстоянии от геометрического центра ротора.

а) Статическая балансировка

Распространенный метод статической балансировки заключается в перекатывании ротора, уложенного шейками вала на отшлифованные, строго горизонтально и параллельно уложенные, стальные линейки призмы (рис. 4-48).

При таком методе балансировки ротор будет находиться в устойчивом равновесии только тогда, когда центр тяжести будет в самой нижней точке. Если его принудительно

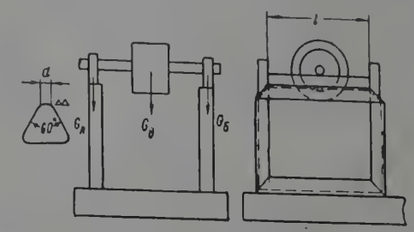


Рис. 4-48. Станок для статической балансировки.

вывести из этого состояния, он после нескольких перекатываний в одну и в другую сторону вернется в прежнее положение.

При разных диаметрах шеек ротора его качение будет происходить с разными окружными скоростями, и шейка с большим диаметром будет опережать шейку с меньшим диаметром. Для устранения такого явления на шейку с меньшим диаметром надевают кольцо, по толщине равное разности радиусов шеек вала.

Балансировочные грузы должны быть надежно закреплены как от передвижения по окружности ротора, так и от отрыва под действием центробежной силы. Грузы рекомендуется изготовлять из стали квадратного сечения и крепить к деталям ротора, а после тщательной проверки надежно закрепить.

Балансировку можно производить и без крепления груза, а методом высверливания части металла в противоположной точке окружности ротора. Особенно это применимо в короткозамкнутых роторах с алюминиевой обмоткой, у которых нет надежного места для крепления груза. Сверлить короткозамкнутое кольцо или стержень нельзя.

Станок для статической балансировки состоит из двух сварных козел, на которых прочно укрепляются призмы, имеющие трапецеидальное сечение.

Призмы по всей длине должны иметь надежную опору, для того чтобы избежать какого-либо прогиба их от веса ротора.

Призмы изготовляются как из стали с последующей закалкой, так и из чугуна.

Длина призмы (рис. 4-48) должна быть такой, чтобы ротор своими цапфами мог на них свободно делать 1½—2 полных оборота.

$$l = 1{,}5\pi d \div 2\pi d.$$

Обычно призмы изготовляются длиной $l = 1{,}25—1{,}50$ *м*.

Ширина рабочей поверхности призмы должна выполняться из условия, чтобы не могло произойти смятие призмы и шейки вала.

Ширину рабочей поверхности призм рассчитывают по той максимальной нагрузке, которая будет на одну из призм, т. е. если $G_A > G$, то расчет ведут по G_A (рис. 4-48).

Ширину рабочей поверхности призм определяют по формуле

$$a = \frac{0{,}35GE}{P^2_{\text{расч}}\, l},$$

где a — ширина рабочей поверхности призмы, *мм*;

G — нагрузка на призму, *кГ*;

E — модуль упругости материала призм; для закаленной стали $E = 2{,}0 \cdot 10^6$ *кГ/см²*; для серого чугуна $E = 8{,}0 \cdot 10^5 \div 1{,}05 \times 10^6$ *кГ/см²*;

$P_{\text{расч}}$ — удельная расчетная нагрузка, *кГ/см²*, которую рекомендуется выбирать в пределах 7 000—8 000 *кГ/см²*;

d — диаметр вала в месте соприкосновения с призмой, *см*.

Пример.

$$G_1 = 250\ кГ;\quad G_2 = 125\ кГ;$$

$$d = 10\ см;\quad P_{\text{расч}} = 7\,500;$$

$$E = 2{,}0 \cdot 10^6\ кГ/см^2$$

$$a = \frac{0{,}35 \cdot G_2 E}{P^2_{\text{расч}}\, d} = \frac{0{,}35 \cdot 125 \cdot 2{,}0 \cdot 10^6}{7\,500^2 \cdot 10} = 0{,}15\ см = 1{,}5\ мм.$$

Иногда приходится балансировать роторы на имеющихся призмах.

Для осуществления такой балансировки необходимо подсчитать наибольшее давление на призму и, если оно не будет превышать напряжение, при котором обнаружится нарушение пропорциональности между нагрузками и вызываемыми ими деформациями, т. е. предела пропорциональности для материала призм, то балансировку ротора определенного веса на данных призмах возможно осуществить.

Величина наибольшего давления определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = 0{,}591 \sqrt{\frac{GE}{ad}}.$$

Для твердой закаленной стали предел пропорциональности соответствует напряжению 10 000 *кГ/см²*.

Практические данные следующие:

для роторов весом до 1 000 *кг* — ширина призмы 3—5 *мм*, а для роторов больше 1 000 *кг* — 6—8 *мм*.

Рабочая поверхность призм должна быть отшлифована до получения равных и правильных плоскостей, края слегка закруглены, а стойка станка правильно установлена и не подвергается сотрясению.

б) Динамическая балансировка

Динамическую балансировку можно осуществить методом трех пусков, заключающимся в следующем:

а) После установки индикатора или вибрографа пускают в ход электродвигатель и определяют величину вибрации на подшипниках ротора по показаниям индикатора или вибрографа.

Балансировку начинают с той стороны ротора, которая больше вибрирует, т. е. имеет наибольший небаланс.

После определения величины вибрации по номограмме (рис. 4-49) определяют вес пробного балансировочного груза, применяемого при балансировке.

Если, предположим, величина вибрации была 0,2 *мм*, то, исходя из этой величины и оборотов электродвигателя, по номограмме определяют и вес требуемого груза.

Балансировочный груз устанавливают в любом месте окружности ротора, где его можно тщательно закрепить. Эту точку следует обозначить точкой *1*. После установки балансировочного груза электродвигатель снова пускают в ход и снова замеряют величину вибрации ротора, которая, предположим, равна 0,25 *мм*.

Независимо от полученной величины вибрации балансировочный груз перемещается на другую произвольную точку *2*, расположенную под углом 90 или 120° к точке *1*, и снова на оборотах замеряют величину вибрации, которая, предположим, достигла 0,35 *мм*.

На основании трех пусков графически определяют место расположения уравновешивающего груза (рис. 4-49,*б*).

Для построения диаграммы балансировки (рис. 4-49,*б*) выбирают масштаб величины вибрации. В данном случае приняты, что величина вибрации 0,01 *мм* соответствует 4 *мм*, и, исходя из этой величины, строят окружность из точки *O* радусом, соответствующим первоначальной вибрации, т. е. 0,2 *мм*.

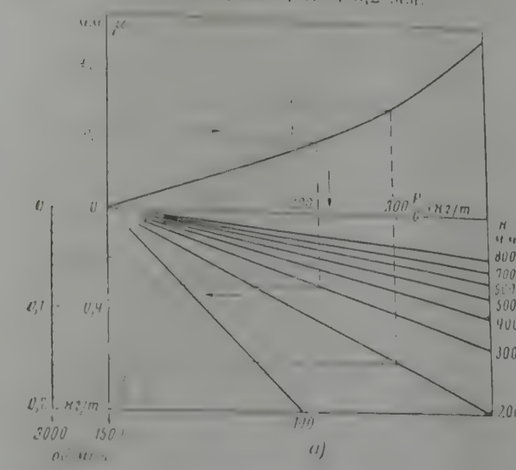


Рис. 4-49. Номограмма для определения балансировочного груза и места его крепления.

Таким образом, радиус окружности будет:

$$R_0 = \frac{0{,}2 \cdot 4}{0{,}01} = 80\ мм.$$

На полученную окружность наносят точки, на которых помещался пробный балансировочный груз, т. е. точки *1* и *2*. Из полученных точек, как из центра, описывают окружность радиусом, соответствующим вибрациям, полученным после установки пробного балансировочного груза в данных точках, т. е.

$$R_1 = \frac{0{,}25 \cdot 4}{0{,}01} = 100\ мм \quad \text{и} \quad R_2 = \frac{0{,}35 \cdot 4}{0{,}01} = 140\ мм,$$

для чего точку *A* пересечения этих двух окружностей соединяют с центром окружности *O* и продолжают дальше до пересечения с линией окружности в точке *B*, которая и будет местом крепления уравновешивающего груза на окружности ротора.

По окончании балансировки более неуравновешенного конца ротора грузом *P* (рис. 4-49,*а*) этим же методом переходят к балансировке второго менее уравновешенного конца ротора.

При уравновешивании другого конца ротора грузом *Q* балансировка первого конца нарушается, почему и ее надлежит восстановить помещением на первом конце диаметрально противоположно расположенным грузом *q*, при этом груз второй стороны *Q* должен быть доведен до величины $Q+q'$ (рис. 4-49,*в*).

Величины q и q' определяют следующим образом (рис. 4-49,*г*):

$$q = Q\frac{a}{c}\left(1 + \frac{a}{l}\right),\quad q' = Q\frac{a}{L},$$

где a, c и L взяты из рис. 4-49,*г*.

Если электродвигатель имеет меньшее число оборотов, тогда по приведенной номограмме и формуле, исходя из величины вибрации и отношения вибрации к весу ротора, т. е. $\frac{v}{R}$ для 3 000 или 1 500 *об/мин*, определяют вес балансного груза для других оборотов. Если в теле ротора есть отверстие для крепления балансировочного груза, определяют расстояние от центра ротора до отверстия, т. е. R, а затем определяют вес пробного груза при других оборотах, исходя из формулы

$$v_x = v\left(\frac{3\,000}{n_x}\right)^2 \frac{200}{R_x},$$

где 3 000 *об/мин* взято по номограмме;

200 — радиус по номограмме;

n_x — фактическое число оборотов ротора;

R_x — фактический радиус крепления груза.

Пример. У электродвигателя, делающего 1 000 *об/мин*, ротор весом 0,5 *т* вибрирует, при этом величина вибрации μ составляет 0,3 *мм*.

Пользуясь номограммой для $\mu = 0{,}3$ при 3 000 *об/мин*, находим $\frac{v}{g} = 0{,}15$ и тогда $v = 0{,}5 \cdot 0{,}15 = 0{,}075$ *кг*.

Ориентируясь на готовое отверстие в теле ротора, расположенное на расстоянии $R = 180$ *мм*, определяют вес пробного груза по вышеприведенной формуле

$$v_x = 0{,}075 \left(\frac{3\,000}{1\,000}\right)^2 \frac{200}{180} = 0{,}75 \text{ кг}.$$

Дальше производят графическое построение, для чего задаются масштабом; в данном случае можно принять 10 *мм* равным 0,1 *мм*, т. е. 1:100, и определяют радиус окружности, соответствующий начальной вибрации:

$$R = 10 \frac{0{,}3}{0{,}1} = 30 \text{ мм}.$$

Определяют радиусы, соответствующие вибрации при первых двух пусках, которая равная была при первом пуске 0,4 *мм*, при втором —0,5 *мм*:

$$R_1 = 10 \frac{0{,}4}{0{,}1} = 40 \text{ мм};$$

$$R_2 = 10 \frac{0{,}5}{0{,}1} = 50 \text{ мм}.$$

На основании полученных радиусов строят окружность и находят точку *Б*, где окончательно устанавливается балансировочный груз.

Примеры определения балансировочного груза по номограмме.

Пример 1. Амплитуда вибрации до балансировки $\mu = 0{,}2$ *мм*, $R = 300$ *мм*, $n = 1\,500$ *об/мин*; $G = 20$ *т*, $\frac{v}{g} = 0{,}3$, откуда $v = 20 \cdot 0{,}3 = 6$ *кг*.

Пример 2. Амплитуда вибрации до балансировки $\mu = 0{,}3$; $R = 200$ *мм*; $n = 3\,000$ *об/мин*; $G = 17{,}8$ *т*; $\frac{v}{g} = 0{,}145$, откуда $v = 17{,}8 \cdot 0{,}145 = 2{,}58$ *кг*; $\frac{P}{G}$ — центробежное усилие, создаваемое небалансом, отнесенное к весу ротора, где R — радиус подвески груза; G — вес ротора.

Примечание. Для других оборотов по величине вибрации по номограмме определяют груз для 3 000 *об/мин* при $R = 200$ и по формуле $v_x = v \left(\frac{3\,000}{n_x}\right)^2 \frac{200}{R_x}$ [*кг*], определяют вес груза для данных оборотов и радиуса крепления груза, где n_x — фактические обороты; R_x — фактический радиус крепления груза

4-17. МАРКИРОВКА ВЫВОДОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, ВЫХОДЯЩИХ ИЗ РЕМОНТА

Все выводные концы электродвигателей после ремонта маркируются. Маркировку осуществляют набивкой, нанесением контрастной краски или прикреплением бирок.

Для асинхронных трехфазных электродвигателей применяют обозначения выводов статорных обмоток, указанных в табл. 4-26.

Таблица 4-26

Схема соединений обмоток	Число выводов	Название выводов	Обозначение: начало	Обозначение: конец
Открытая схема	6	Первая фаза	C_1	C_4
		Вторая фаза	C_2	C_5
		Третья фаза	C_3	C_6
Соединение звездой[1]	3—4	Первая фаза	C_1	
		Вторая фаза	C_2	
		Третья фаза	C_3	
		Нулевая точка	0	
Соединение треугольником	3	Первый вывод	C_1	
		Второй вывод	C_2	
		Третий вывод	C_3	

[1] Концы, идущие на звезду, маркировать красной меткой до пайки.

Для роторных обмоток трехфазных асинхронных двигателей применяют обозначения, указанные в табл. 4-27.

Таблица 4-27

Число выводов на контактные кольца	Название выводов	Обозначение: начало	Обозначение: конец
3	Первая фаза	P_1	P
	Вторая фаза	P_2	
	Третья фаза	P_3	
4	Первая фаза	P_1	
	Вторая фаза	P_2	
	Третья фаза	P_3	
	Нулевая точка	0	
6	Первая фаза	P_1	P_4
	Вторая фаза	P_2	P_5
	Третья фаза	P_3	P_6

4-18. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБМОТОЧНЫХ ПРОВОДОВ

Технологический процесс восстановления обмоточных проводов состоит из четырех операций: обжига для снятия старой изоляции, калибровки, термообработки (отжига) и оплетки.

Обжиг старой изоляции проводов диаметром до 1,5 *мм* производится при температуре 550—600° С в течение 30—35 *мин*, а диаметром больше 1,5 *мм* при 600—650° С в течение 45—60 *мин* в печи сопротивления.

Снятие старой изоляции может быть осуществлено и химическим путем. Технологический процесс съема химическим путем заключается в следующем: старая медь для обезжиривания опускается на 20—30 *мин* в содовый раствор, состоящий из соды кальцинированной (Na_2CO_3) 100—200 *г* на 1 *л* воды или каустической соды (NaOH) 50—100 *г* на 1 *л* воды и технической буры в количестве 50% от количества щелочного вещества. По извлечении провода из ванны его следует промыть в холодной воде и снова опустить в ванну с раствором, состоящим из каустической соды (NaOH) в количестве 200—270 *г* на 1 *л* воды и натриевой селитры ($NaNO_3$) в количестве 100—200 *г* на 1 *л* воды. В ванне провод при температуре 140—150° С находится в течение 30—40 *мин*. По извлечении из ванны провод следует промыть сильной струей холодной воды и опустить в кипящую воду на 5—10 *мин*, после чего высушить.

Если старую изоляцию снимают методом обжига, то провод после извлечения из печи следует опустить в холодную воду, а затем очистить от гари и снова опустить в ванну с водным раствором серной кислоты крепостью 4—5% на 10—15 *мин*. После этого провод следует промыть в проточной воде и сушить. Очищенный от изоляции провод для устранения неровностей калибруют или подвергают волочению до нужного диаметра со снижением сечения за один проход через фильтр не более чем на 15%.

После волочения отдельные куски спаивают встык, а для устранения наклепа отжигают провода в течение 30—40 *мин* при 600—650° С для провода диаметром до 1,5 *мм* и 650—700° С для проводов диаметром больше 1,5 *мм*. Затем провод протравливают, нейтрализуют, сушат и отправляют на оплеточные станки для оплетки.

Зависимость между номерами пряжи для оплетки старого провода и толщиной изоляции приведены в табл. 4-28.

Таблица 4-28

Одинарная обмотка (ПБО)			Двойная обмотка (ПБД)		
Диаметр голого провода, *мм*	№ пряжи	Толщина изоляции (радиальная), *мм*	Диаметр голого провода, *мм*	№ пряжи	Толщина изоляции (радиальная), *мм*
0,1—0,25	240	0,0450	0,20—0,25	240	0,085
0,27—0,96	200	0,0550	0,27—0,96	200	0,100
1,0—2,1	170	0,0625	1,0—2,1	40—170	0,150
2,26—5; 2	140	0,0800	2,26—5,2	140	0,150

ГЛАВА ПЯТАЯ

ИСПЫТАНИЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 100 *квт*

Все асинхронные электродвигатели после ремонта или модернизации должны быть испытаны на предмет определения качества проведенного ремонта и их пригодности в соответствии с проведенной модернизацией.

5-1. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ

Испытания разделяются на два вида: контрольные (поверочные) и типовые (подробные).

а) Контрольные испытания включают:

1) внешний осмотр;

2) проверку величин сопротивления изоляции обмоток статора и ротора (фазного) по отношению к корпусу и между фазами;

3) испытание электрической прочности изоляции обмоток статора и ротора (фазного) повышенным напряжением относительно корпуса и между фазами;

4) испытание электрической прочности изоляции между витками;

5) испытание в режиме холостого хода.

б) В программу типовых испытаний сверх пунктов, изложенных в п. а, дополнительно входят:

1) испытание под нагрузкой для определения степени перегрева отдельных частей;

2) испытание на кратковременную перегрузку по току;

3) определение минимально вращающего момента в процессе пуска (для электродвигателей с короткозамкнутыми роторами);

4) определение начального пускового вращающего момента и начального пускового тока.

в) При мелких ремонтах, когда производятся (полностью или частично): чистка обмоток от грязи, восстановление наружных частей, покрытие обмоток покровным лаком, замена выводных концов, мелкий ремонт механических частей и подтяжка болтов, проверка работы подшипников, их промывка, смазка или замена, испытание производится только по пп. 1, 2 и 5 контрольных испытаний.

г) При средних ремонтах, когда производится замена отдельных неисправных секций, полная перемотка по старым данным, проверка отдельных или всех паек, испытания производятся в полном объеме контрольных.

д) Если ремонтируемый электродвигатель не имеет технического паспорта, а обмотка статора подлежит полной замене, то после поверочного расчета статор перематывают по электрическим данным, снятым при его размотке или вновь рассчитанным, и электродвигатель подвергается испытанию по программе типовых испытаний.

е) Если при модернизации электродвигателя изменены его обмоточные данные, его следует испытать в полном объеме типовых испытаний.

5-2. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

а) Способ мегомметра. Замеры величины сопротивления изоляции обмоток по отношению к корпусу и между отдельными фазами производят различными методами. Наиболее совершенным и удобным является способ мегомметра. Для электродвигателей низкого напряжения применяется мегомметр напряжением в 500—1 000 *в*. Замеры производятся следующим образом.

На корпусе электродвигателя зачищают небольшой участок от ржавчины, грязи и краски, к нему подводят один конец гибкого провода мегомметра, а другой конец поочередно подводят к выводным концам обмотки каждой фазы. При измерении величины сопротивления изоляции обмоток фазных роторов, у которых «звезда» наглухо соединена, следует один конец мегомметра подвести к валу ротора, а другой — к контактным кольцам.

До начала проверки рекомендуется проверить исправность мегомметра, для чего концы его двух проводников соединяют вместе, и если при медленном вращении рукоятки мегомметра его показания будут равны нулю, а при разомкнутых концах бесконечно большое сопротивление, то это покажет исправность прибора.

Установленных норм величин сопротивления изоляции нет, но ориентировочные величины, которыми следует руководствоваться, приведены в табл. 5-1.

б) Метод вольтметра. Измерение величины сопротивления изоляции можно производить и при помощи вольтметра, питая его от аккумуляторной батареи.

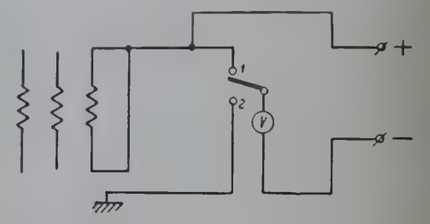


Рис. 5-1. Схема измерения сопротивления изоляции фазы обмотки статора по отношению к корпусу.

Таблица 5-1

Нормы испытательных напряжений и сопротивления изоляции при ремонтах нормальных электродвигателей мощностью 0,1—100 *квт* напряжением до 500 *в* включительно

Наименование пооперационных испытаний	Величины испытательных напряжений и сопротивлений изоляции					
	Номинальное напряжение	127—220 *в*		220—380 *в*		500 *в*	
	Вид ремонта**	I	II и III	I	II и III	I	II и III
Измерение сопротивления изоляции относительно корпуса и между фазами, *Мом*:							
обмотка статора		5	5	5	5	5	5*
обмотка ротора		2	2	2	2	2	2*
щеточного механизма		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5*
Испытание электрической прочности обмоток статора мощностью, *в*:							
до 1 *квт*		1 000	500	1 300	650	1 500	750
1—3 *квт*		1 500	750	1 800	900	2 000	1 000
больше 3 *квт*		1 500	750	1 800	900	2 000	1 000
Испытание электрической прочности обмоток фазного ротора:							
а) нереверсивного*** двигателя		$2U_к$+1 000	$U_к$+500	$2U_к$+1 000	$U_к$+500	$2U_к$+1 000	$U_к$+500
б) реверсивного*** двигателя		$4U_к$+1 000	$2U_к$+500	$4U_к$+1 000	$2U_к$+500	$4U_к$+1 000	$2U_к$+500
Испытание витковой изоляции, *в*		300	—	500	—	650	—

* Величины сопротивлений изоляции для всех напряжений не нормируются и указаны ориентировочно.
** Вид ремонта I—полная замена обмоток.
Вид ремонта II—частичная замена обмоток (отдельные секции).
Вид ремонта III—мелкий ремонт.
*** $U_к$—напряжение на кольцах ротора.

На рис. 5-1 приведена принципиальная схема измерения величины сопротивления изоляции обмоток статоров по отношению к корпусу, а на рис. 5-2 — принципиальная схема измерения величины сопротивления изоляции фаз между собой. Величина сопротивления изоляции, измеренная методом вольтметра, определяется по формуле

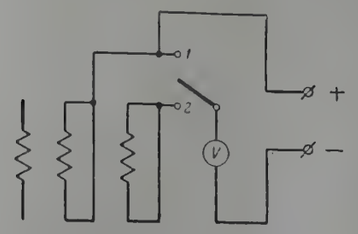


Рис. 5-2. Схема измерения сопротивлений изоляции между обмотками фаз.

$$R = R_e\left(\frac{U_1}{U_2} - 1\right), \qquad (5\text{-}1)$$

где R — сопротивление изоляции;
R_e — сопротивление вольтметра, которое берется по данным, нанесенным на вольтметре или его паспорте;
U_1 — показания вольтметра при положении переключателя в точке *1*;
U_2 — то же при положении переключателя в точке *2*.

5-3. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОМУ ТОКУ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Для пофазной проверки симметричности заложенной обмотки или исправности всей обмотки в целом (отсутствие витковых замыканий, равномерность числа заложенных витков в каждой фазе, качество паек) производятся замеры сопротивления постоянному току обмоток каждой фазы в отдельности. Проверку можно производить четырьмя методами:

1) амперметра и вольтметра;
2) падения напряжения;
3) простого электрического моста;
4) двойного моста.

В данном случае рассматриваются методы 1, 2 и 3.

а) Способ амперметра и вольтметра

Этот способ основан на законе Ома, который гласит, что сопротивление постоянному току R равно напряжению U, деленному на величину тока I, т. е. $R = \frac{U}{I}$ [*ом*]. Сущность этого метода заключается в том, что через измеряемое сопротивление, т. е. обмотку статора или фазного ротора, пропускают постоянный ток небольшой величины (обычно от аккумуляторной батареи) (рис. 5-3), равный:

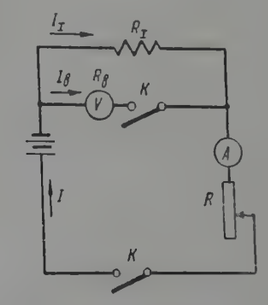


Рис. 5-3. Способ амперметра и вольтметра.
I_x — ток в измеряемом сопротивлении; $I_в$ — ток в ветви вольтметра; I — ток по амперметру; R_x — измеряемое сопротивление; $R_в$ — сопротивление вольтметра; K — рубильник; R — добавочное регулируемое сопротивление.

$$I_x = I - I_в,$$

где I_x — ток, протекающий по обмотке;
I — ток по показанию амперметра;
$I_в$ — ток, протекающий по вольтметру.

При этом величина измеряемого сопротивления будет:

$$R_x = \frac{U}{I - I_в} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_в}}, \qquad (5\text{-}2)$$

где U — напряжение, показываемое вольтметром;
$R_в$ — сопротивление вольтметра.

Из (5-2) явствует, что для определения сопротивления постоянному току обмотки необходимо знать и величину сопротивления вольтметра, которое обычно фиксируется на корпусе вольтметра или в приложенном к нему паспорте. Если измеряемое сопротивление R_x по сравнению с $R_в$ мало, тогда знаменателем можно пренебречь и измеряемое сопротивление обмотки определится по формуле

$$R_x = \frac{U}{I}.$$

В таком виде эта схема может быть применима и для случая, когда сопротивление вольтметра неизвестно.

При малом сопротивлении амперметра по сравнению с измеряемым сопротивлением этой величиной можно также пренебречь и сопротивление также определится по формуле

$$R_x = \frac{U}{I}.$$

Обычно величина сопротивления постоянному току обмоток электродвигателей мала (за исключением электродвигателей малых мощностей), поэтому для замера сопротивления постоянному току пользуются схемой, изображенной на рис. 5-3.

Если во время производства замеров стрелка прибора будет качаться, это покажет на наличие в обмотке или схеме плохого контакта или большого потребляемого тока, или на разрядку аккумуляторной батареи.

Для регулирования тока при замерах обычно применяется реостат типа РУСТРАТ с величиной сопротивления около 10—15 *ом*, с пределом величины тока в 6—8 *а*. При подсчете измеренных величин нет нужды в переводе показаний всех приборов в вольты и амперы, а можно ограничиться только умножением показаний приборов в делениях на отношение цен их делений.

При необходимости получения точных замеров или сомнительности полученных следует производить трехкратные замеры, приняв за основу среднее трех показаний приборов.

Пример. Требуется замерить сопротивление постоянному току одной фазы обмотки статора, где предел измерения вольтметра 5 *в*, амперметра 10 *а*, деления шкалы обоих приборов равны 200.

Показания приборов:

	в	*а*
1-й отсчет	120	100
2-й отсчет	90	60
3-й отсчет	60	50

Исходя из данных вольтметра, цена его делений будет

$$\frac{5}{200} = 0{,}025\ в/дел,$$

а исходя из данных амперметра, цена его делений будет:

$$\frac{10}{200} = 0{,}05\ а/дел;$$

отношение цен делений будет:

$$\frac{0{,}025}{0{,}05} = 0{,}5.$$

Следовательно,

1-й отсчет равен $\frac{120}{100} \cdot 0{,}5 = 0{,}6$ *ом*,

2-й отсчет $= \frac{90}{60} \cdot 0{,}5 = 0{,}75$ *ом*;

3-й отсчет $= \frac{60}{50} \cdot 0{,}5 = 0{,}6$ *ом*.

При этом более точная величина сопротивления постоянному току будет

$$\frac{0{,}6 + 0{,}75 + 0{,}6}{3} \approx 0{,}65\ ом.$$

На стационарных испытательных стендах производство замеров способом амперметра и вольтметра обеспечивает достаточную точность и быстроту их проведения.

б) Метод падения напряжения

Величина сопротивления постоянному току отдельных фаз ориентировочно может быть определена и методом падения напряжения. Этот метод основан на сравнении падения напряжения в отдельных фазах обмотки статора. При этом методе в обмотках испытуемых фаз предварительно устанавливается допустимый ток и поочередно, подключая фазы, сравнивают показания амперметра. Одинаковые показания амперметра показывают равенство сопротивления фазных обмоток, так как падение напряжения во всех фазах при этом одинаковое. При неодинаковых показаниях амперметров сопротивления обмоток фаз также неодинаковы, откуда можно предполагать, что в отдельных фазах уложено неодинаковое число витков или между отдельными витками есть замыкание («витковое»), или контакты, или пайки плохо выполнены.

Так как сопротивление медного проводника зависит от его температуры, то для сравнения измеренных сопротивлений обмоток между собой и расчетными данными (при полной перемотке) следует полученные после замера величины сопротивлений отдельных фаз сравнить между собой и с расчетными данными при одинаковой температуре.

Если замеры производились при температуре обмотки, равной t_0, а полученное при этом сопротивление равно было r_t, то результаты приводятся к условной температуре 15° С при помощи формулы

$$r_{15} = \frac{r_t}{1 + 0{,}004\,(t - 15)}\ [ом]. \qquad (5\text{-}3)$$

Пример. Требуется привести сопротивление постоянному току обмотки 0,65 *ом* при температуре + 30° С к условной температуре + 15° С.

Применяя формулу (5-3), получаем:

$$r_{15} = \frac{0{,}65}{1 + 0{,}004\,(30 - 15)} = 0{,}615\ ом.$$

в) Способ простого моста

Этот способ заключается в том, что неизвестное измеряемое сопротивление постоянному току R_x и известные сопротивления R_1, R_2, R_3 составляют замкнутый четырехугольник, где к двум противоположным концам подключается аккумуляторная батарея, а к двум другим — гальванометр с нулем в середине шкалы (рис. 5-4). После подключения приборов измерением сопротивления подбирают R_1, R_2, R_3 так, чтобы величина тока, проходящего через гальванометр, была равна нулю. Такая величина возможна, когда произведения сопротивлений противоположных сторон четырехугольника равны, т. е.

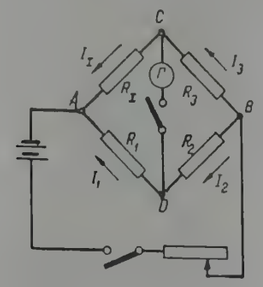


Рис. 5-4. Способ простого моста.

$$R_2 R_x = R_1 R_3,$$

откуда

$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}\ [ом]. \qquad (5\text{-}4)$$

Наиболее точные результаты получаются, когда отношение $\frac{R_1}{R_2}$ или $\frac{I_1}{I_2}$ равно единице.

5-4. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОМУ ТОКУ ОБМОТОК

Схемы обмотки статоров и роторов (фазных) асинхронных электродвигателей могут быть соединены в звезду или треугольник, а сами соединения выполняться: 1) внутри двигателя, и тогда на коробку зажимов статора выводятся три конца; 2) снаружи, когда на доску зажимов выводятся шесть концов.

а) Соединение обмоток фаз в звезду

Если обмотка статора соединена в звезду, а на доску зажимов выведены три конца (рис. 5-5), измерить сопротивление каждой фазы в отдельности нельзя. Тогда в каждом отдельном случае измеряемое сопротивление равно сумме сопротивлений обмоток двух фаз статора попарно:

$$R_1 = r_1 + r_2;\quad R_2 = r_2 + r_3;\quad R_3 = r_3 + r_1,$$

где R_1, R_2, R_3 — измеренные сопротивления;
r_1, r_2, r_3 — сопротивления фаз обмотки.

Сопротивление же каждой фазы статора в отдельности будет равно:

$$r_1 = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{2};\quad r_2 = \frac{R_1 + R_2 - R_3}{2},$$

$$r_3 = \frac{R_2 + R_3 - R_1}{2}. \qquad (5\text{-}5)$$

Если при измерении величин сопротивления обмоток окажется, что $R_1 = R_2 = R_3$, то суммы

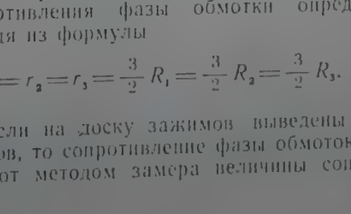


Рис. 5-5.

сопротивлений любых двух фаз обмотки равны и определяются по формуле

$$r_1 = r_2 = r_3 = \frac{R_1}{2} = \frac{R_2}{2} = \frac{R_3}{2}.$$

Примечание. Отклонения величин сопротивлений фаз допускаются в пределах ±2%.

б) Соединение обмоток фаз в треугольник

Если обмотка статора соединена в треугольник, а на доску зажимов выведены три конца (рис. 5-6), то в этом случае измеряют-

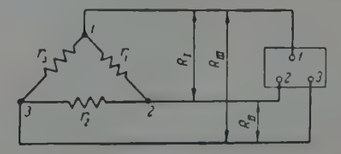


Рис. 5-6.

ся сопротивления между выведенными концами *1* и *2*, *2* и *3*, *1* и *3*. Если величины сопротивлений фаз не сильно разнятся между собой и находятся в пределах допусков, а R_1, R_2 и R_3 равны или почти равны, то величину сопротивления фазы обмотки определяют, исходя из формулы

$$r_1 = r_2 = r_3 = \frac{3}{2} R_1 = \frac{3}{2} R_2 = \frac{3}{2} R_3. \qquad (5\text{-}6)$$

Если на доску зажимов выведены шесть концов, то сопротивление фазы обмоток определяют методом замера величины сопротив-

ления каждой фазы обмотки в отдельности (рис. 5-3). При производстве таких измерений обмотки не соединяют ни в звезду, ни в треугольник, их соединяют лишь после производства нужных замеров.

При измерении сопротивления постоянному току обмоток асинхронных электродвигателей необходимо соблюдать следующую предосторожность: сначала замкнуть рубильник цепи аккумуляторной батареи, затем цепь вольтметра и после проведения всех измерений производить отключения в обратном порядке: сначала отключить рубильник цепи вольтметра, а затем цепи аккумуляторной батареи.

5-5. ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ, НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Мощность, потребляемая из сети трехфазным электродвигателем, соединенным в звезду или треугольник, определяется по формуле

$$P = \sqrt{3} U_л I \cos\varphi\eta, \qquad (5\text{-}7)$$

где $U_л$ — линейное напряжение;

$I_л$ — линейный ток;

$\cos\varphi$ — коэффициент мощности;

η — к. п. д.

Существуют три метода измерения мощности: одного, трех и двух ваттметров.

Здесь рассматриваются только 1-й и 3-й методы.

а) Метод одного ваттметра заключается в том, что ваттметр включается в обмотку одной из фаз электродвигателя (рис. 5-7), а полная потребляемая мощность

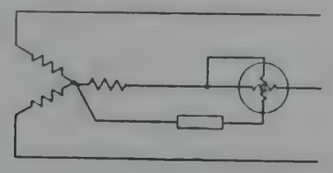


Рис. 5-7

получается умножением показания ваттметра на три. Такой метод приемлем при симметричной нагрузке всех фаз. Ваттметр может быть включен в цепь электродвигателя, обмотки фаз которого соединены по схеме звезда (рис. 5-7), или треугольник (рис. 5-8). Если концы обмоток фаз соединены в треугольник и выведены на доску зажимов, включение ваттметра не представляет сложности. Если соединение фазных обмоток при треугольнике выполнено внутри электродвигателя, то для производства замеров требуется распайка внутренних соединений.

б) Метод двух ваттметров. При методе двух ваттметров обмотки тока ваттметров включаются в два из трех линейных проводов, а обмотки напряжения одним концом

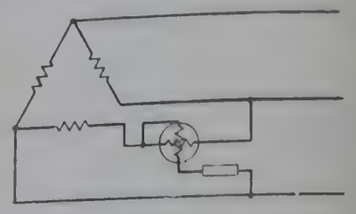


Рис. 5-8.

подключаются к тем же проводам, к которым подключены обмотки тока, а другим концом к третьему проводу (рис. 5-9). Если статорная обмотка двигателя соединена в звезду, алгебраическая сумма мощностей двух ваттметров будет равна мощности, потребляемой двигателем,

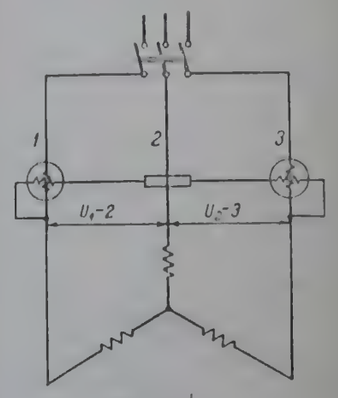


Рис. 5-9.

$$P = P_1 \pm P_2,$$

где P_1 и P_2 — показания первого и второго ваттметров.

В случае соединения обмотки статора электродвигателя в треугольник включение двух ваттметров производится по схеме рис. 5-10 и принципиально не отличается от схемы рис. 5-9.

При помощи двух ваттметров можно измерить полную мощность потребляемую электродвигателем, поэтому этот метод в основном и применяется.

Для замера величины тока, потребляемого электродвигателем, в каждый линейный провод включается амперметр.

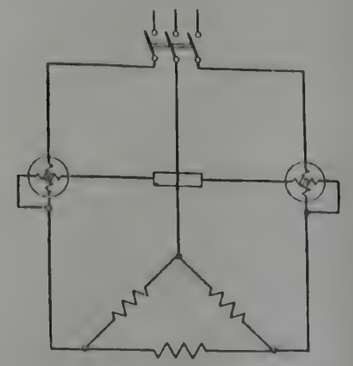


Рис. 5-10.

Примечание. Катушка напряжения всех типов ваттметров имеет добавочное сопротивление, что видно из рис. 5-9 и 5-10, и может быть помещено внутри ваттметра и вне него.

Включение катушек напряжения с добавочным сопротивлением производится по схеме, показанной на рис. 5-11.

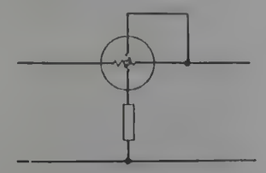


Рис. 5-11.

Пример. Требуется определить мощность цепи 3-фазного тока по методу двух ваттметров, со шкалой, равной 150 делениям, и пределами измерения: по напряжению 600 *в*, а по току 25 *а*. Показания приборов при замерах были следующие:

первый ваттметр — 45 делений

второй ваттметр — 115 делений.

Для подсчета мощности следует определить цену делений:

$$\frac{600 \cdot 25}{150} = 100 \ вт/дел.$$

В случае, если стрелки двух ваттметров направлены в одну сторону, т. е. имеют одинаковые знаки, замеренная мощность будет:

$$100\ (45 + 115) = 16\,000\ вт = 16\ квт.$$

Если стрелки направлены в разные стороны, замеренная мощность будет равна разности показаний ваттметров:

$$100\ (115 - 45) = 7\,000\ вт = 7\ квт.$$

5-6. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР

Часто при испытании электродвигателей приходится измерять температуру нагрева обмотки, активной стали, масла подшипников, входящего и выходящего воздуха и т. п. Наиболее простой способ — это замеры при помощи ртутного или спиртового термометров. Однако показания термометров не покажут действительной величины нагрева обмотки, так как температура лобовых частей обмотки, измеренная термометром, гораздо ниже температуры ее пазовой части. Кроме того, при замерах термометр прижимается к изоляции лобовых частей, являющейся плохим проводником тепла, поэтому температура лобовых частей будет показана термометром ниже действительной. Наиболее точную величину температуры нагрева можно получить методом измерения сопротивления обмоток постоянному току.

Измерение температуры обмоток статора и фазных роторов методом сопротивления постоянному току производится следующим образом: до начала испытания проверяют сопротивление обмоток статора (или фазного ротора), а после испытания под нагрузкой вторично в нагретом состоянии замеряют сопротивление обмоток и по результатам замеров определяют средний прирост температуры обмоток по формуле

$$\Delta_t = \frac{R_{тор} - R_{хол}}{R_{хол}} (234{,}5 + t_{хол}). \qquad (5\text{-}8)$$

5-7. ПРОВЕРКА АКТИВНОЙ СТАЛИ НА НАГРЕВ ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Проверка активной стали на нагрев производится:

1) при обследовании электродвигателей, подлежащих ремонту, в целях уточнения объема ремонтных работ, если нагрев стали был чрезмерным;

2) после частичного ремонта активной стали путем расчистки поврежденных мест;

3) после полной или частичной перешихтовки активной стали;

4) если требуется проверка отсутствия замыкания между листами активной стали при наличии местных перегревов.

Испытание стали на нагрев производится по схеме, приведенной на рис. 5-12, при этом во время проведения испытаний корпус статора должен быть надежно заземлен.

Для намагничивающей обмотки (рис. 5-12), обматываемой вокруг сердечника статора, применяют провод марки ПРГН, ПРГ или ПР. Применение для этих целей освинцованного или бронированного кабеля не допускается.

ления каждой фазы обмотки в отдельности (рис. 5-3). При производстве таких измерений обмотки не соединяют ни в звезду, ни в треугольник, их соединяют лишь после производства нужных замеров.

При измерении сопротивления постоянному току обмоток асинхронных электродвигателей необходимо соблюдать следующую предосторожность: сначала замкнуть рубильник цепи аккумуляторной батареи, затем цепь вольтметра и после проведения всех измерений производить отключения в обратном порядке: сначала отключить рубильник цепи вольтметра, а затем цепи аккумуляторной батареи.

5-5. ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ, НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Мощность, потребляемая из сети трехфазным электродвигателем, соединенным в звезду или треугольник, определяется по формуле

$$P = \sqrt{3} U_л I \cos\varphi\eta, \qquad (5\text{-}7)$$

где $U_л$ — линейное напряжение;
$I_л$ — линейный ток;
$\cos\varphi$ — коэффициент мощности;
η — к. п. д.

Существуют три метода измерения мощности: одного, трех и двух ваттметров.

Здесь рассматриваются только 1-й и 3-й методы.

а) Метод одного ваттметра заключается в том, что ваттметр включается в обмотку одной из фаз электродвигателя (рис. 5-7), а полная потребляемая мощность

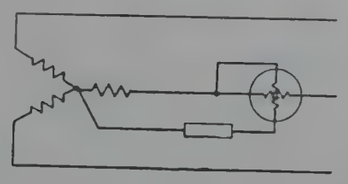


Рис. 5-7.

получается умножением показания ваттметра на три. Такой метод приемлем при симметричной нагрузке всех фаз. Ваттметр может быть включен в цепь электродвигателя, обмотки фаз которого соединены по схеме звезда (рис. 5-7), или треугольник (рис. 5-8). Если концы обмоток фаз соединены в треугольник и выведены на доску зажимов, включение ваттметра не представляет сложности. Если соединение фазных обмоток при треугольнике выполнено внутри электродвигателя, то для производства замеров требуется распайка внутренних соединений.

б) Метод двух ваттметров. При методе двух ваттметров обмотки тока ваттметров включаются в два из трех линейных проводов, а обмотки напряжения одним концом

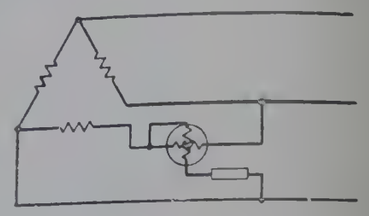


Рис. 5-8.

подключаются к тем же проводам, к которым подключены обмотки тока, а другим концом к третьему проводу (рис. 5-9). Если статорная обмотка двигателя соединена в звезду, алгебраическая сумма мощностей двух ваттметров будет равна мощности, потребляемой двигателем,

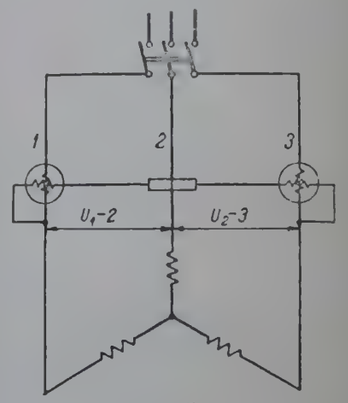


Рис. 5-9.

$$P = P_1 \pm P_2,$$

где P_1 и P_2 — показания первого и второго ваттметров.

В случае соединения обмотки статора электродвигателя в треугольник включение двух ваттметров производится по схеме рис. 5-10 и принципиально не отличается от схемы рис. 5-9.

При помощи двух ваттметров можно измерить полную мощность потребляемую электродвигателем, поэтому этот метод в основном в применяется.

Для замера величины тока, потребляемого электродвигателем, в каждый линейный провод включается амперметр.

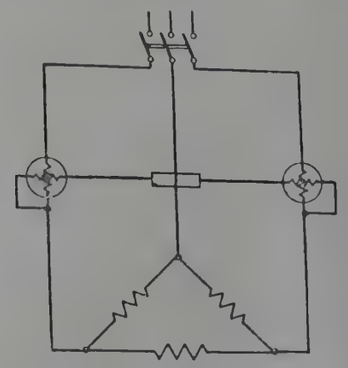


Рис. 5-10.

Примечание. Катушка напряжения всех типов ваттметров имеет добавочное сопротивление, что видно из рис. 5-9 и 5-10, и может быть помещено внутри ваттметра и вне него.

Включение катушек напряжения с добавочным сопротивлением производится по схеме, показанной на рис. 5-11.

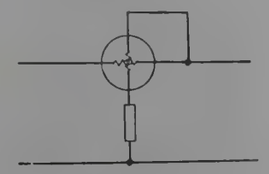


Рис. 5-11.

Пример. Требуется определить мощность цепи 3-фазного тока по методу двух ваттметров, со шкалой, равной 150 делениям, и пределами измерения: по напряжению 600 *в*, а по току 25 *а*. Показания приборов при замерах были следующие:

первый ваттметр — 45 делений
второй ваттметр — 115 делений.

Для подсчета мощности следует определить цену делений:

$$\frac{600 \cdot 25}{150} = 100 \text{ вт/дел.}$$

В случае, если стрелки двух ваттметров направлены в одну сторону, т. е. имеют одинаковые знаки, замеренная мощность будет:

$$100\ (45+115) = 16\,000 \text{ вт} = 16 \text{ квт.}$$

Если стрелки направлены в разные стороны, замеренная мощность будет равна разности показаний ваттметров:

$$100\ (115-45) = 7\,000 \text{ вт} = 7 \text{ квт.}$$

5-6. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР

Часто при испытании электродвигателей приходится измерять температуру нагрева обмотки, активной стали, масла подшипников, входящего и выходящего воздуха и т. п. Наиболее простой способ — это замеры при помощи ртутного или спиртового термометров. Однако показания термометров не покажут действительной величины нагрева обмотки, так как температура лобовых частей обмотки, измеренная термометром, гораздо ниже температуры ее пазовой части. Кроме того, при замерах термометр прижимается к изоляции лобовых частей, являющейся плохим проводником тепла, поэтому температура лобовых частей будет показана термометром ниже действительной. Наиболее точную величину температуры нагрева можно получить методом измерения сопротивления обмоток постоянному току.

Измерение температуры обмоток статора и фазных роторов методом сопротивления постоянному току производится следующим образом: до начала испытания проверяют сопротивление обмоток статора (или фазного ротора), а после испытания под нагрузкой вторично в нагретом состоянии замеряют сопротивление обмоток и по результатам замеров определяют средний прирост температуры обмоток по формуле

$$\Delta_t = \frac{R_{гор} - R_{хол}}{R_{хол}} (234{,}5 + t_{хол}). \qquad (5\text{-}8)$$

5-7. ПРОВЕРКА АКТИВНОЙ СТАЛИ НА НАГРЕВ ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Проверка активной стали на нагрев производится:

1) при обследовании электродвигателей, подлежащих ремонту, в целях уточнения объема ремонтных работ, если нагрев стали был чрезмерным;

2) после частичного ремонта активной стали путем расчистки поврежденных мест;

3) после полной или частичной переширтовки активной стали;

4) если требуется проверка отсутствия замыкания между листами активной стали при наличии местных перегревов.

Испытание стали на нагрев производится по схеме, приведенной на рис. 5-12, при этом во время проведения испытаний корпус статора должен быть надежно заземлен.

Для намагничивающей обмотки (рис. 5-12), обматываемой вокруг сердечника статора, применяют провод марки ПРГН, ПРГ или ПР. Применение для этих целей освинцованного или бронированного кабеля не допускается.

Для этих целей может быть применен и голый медный провод, предварительно изолированный пропитанной хлопчатобумажной лентой.

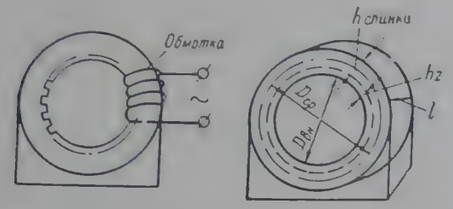


Рис. 5-12. Обмотка для нагрева активной стали индукционным методом.

Число витков намагничивающей обмотки, наматываемой вокруг активной стали, определяется по формуле

$$w_1 = \frac{45U_1}{Q_a},$$

где U_1 — располагаемая для целей испытания величина напряжения (*в*), прикладываемая при испытании к зажимам намагничивающей обмотки;

Q_a — поперечное сечение спинки статора, *см*^{2}.

Поперечное сечение спинки

$$Q_a = (l - n_к l_к)\left(\frac{D_a - D_i}{2} - h_z\right)K_{ст},$$

где D_a — диаметр наружный, *см*;

D_i — диаметр расточки, *см*;

$K_{ст} = 0{,}9$ — для электротехнической стали, оклеенной бумагой;

$K_{ст} = 0{,}95$ — для лакированной стали;

$l_к$ — длина вентиляционного канала, *см*;

$n_к$ — число вентиляционных каналов;

l — длина сердечника статора, *см*;

h_z — высота зубца, *см*.

Размеры D_a, D_i, l, $l_к$ и h_z определяются замерами соответствующих деталей статора.

Если при подсчете витков их число окажется дробным, принять следует ближайшее меньшее число.

Потребляемый намагничивающей обмоткой ток для создания в спинке статора индукции в 10 000 *гс* определяется формулой

$$I = \frac{3{,}3\,(D_a - h_a)H}{w}, \qquad (5\text{-}9)$$

где h_a — высота спинки, *см*;

H — напряженность магнитного поля, которая для электротехнической стали равна $5 \div 6{,}5$ *ав/см*.

Большие значения H относятся к статорам с числом сегментов больше четырех.

Сечение провода намагничивающей обмотки подбирают по соответствующим таблицам в зависимости от величины тока и допускаемой плотности тока.

Необходимая мощность для питания намагничивающей обмотки при испытании определяется по формуле

$$P = \frac{IU_1}{1\,000}\,[ква]. \qquad (5\text{-}10)$$

Исходя из приведенных данных, выбирают схему, источник питания и сечение кабеля и проводов, к которым намагничивающая обмотка будет подключена. К источнику питания намагничивающая обмотка присоединяется через предохранители и двухполюсный рубильник, выбранные, исходя из потребляемого обмоткой тока.

По истечении 15 *мин* после начала испытания следует снять напряжение и на ощупь проверить нагрев стали по всей расточке статора, выбрав наиболее горячие и наиболее холодные зубцы или места на спинке стали и заложив в эти пазы в местах наибольшего и наименьшего нагревов спиртовые термометры, снова включить напряжение.

Прогрев стали ведется в течение 50—60 *мин*, через каждые 10 *мин* проверяют степень нагрева.

Независимо от времени прогрева испытание следует прекратить, если температура в какой-либо точке стали достигнет 100° С или из какого-либо места в стали появится дым.

Если в течение всего нагрева максимальное превышение температуры стали не превзойдет 45° С, а температура отдельных зубцов не будет разниться между собой больше чем на 20° С, следует считать активную сталь исправной.

В процессе испытания нельзя прикасаться к испытуемому статору, наблюдая за процессом нагрева по приборам.

5-8. ОБРЫВ В СТЕРЖНЯХ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ РОТОРОВ

Проверка стержней беличьей клетки короткозамкнутых роторов представляет большие трудности, так как сопротивление каждого стержня очень мало и все они закорочены короткозамкнутыми кольцами.

Между тем наличие лопнувших стержней ведет к потере мощности электродвигателя, вызывает его перегрев и даже выход из строя.

Относительно простой по конструкции и схеме прибор для проверки наличия обрыва в стержнях беличьей клетки приведен на рис. 5-13. Прибор состоит из понижающего трансформатора *1* напряжением 220/6 *в*, мощностью не менее 150 *вт*, амперметра *2* на 20 *а* проводом *3*. Принцип работы прибора основан на изменении тока в обмотке трансформатора *3*. Магнитопровод прикладывается к испытываемому ротору таким образом, что магнитный поток замыкается через пакет ротора, а один из стержней (поочередно) является вторичной обмоткой. Если стержень исправный, то эта обмотка замкнута накоротко и в первичной обмотке трансформатора *3* протекает ток короткого замыкания. Если в стержне есть обрыв, в первичной обмотке будет протекать значительно меньший ток (холостого хода).

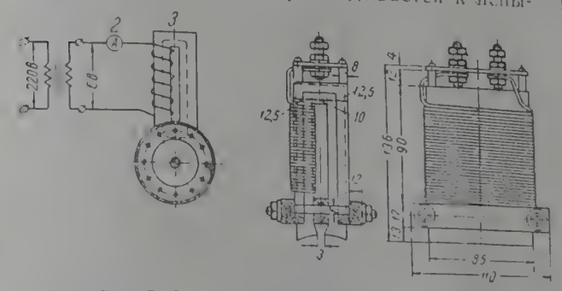


Рис. 5-13. Прибор для обнаружения обрыва в стержнях беличьей клетки.

1 — понижающий трансформатор; *2* — амперметр; *3* — трансформатор с разомкнутым магнитопроводом.

При изготовлении прибора для проверки роторов электродвигателей мощностью до 20 *квт* можно руководствоваться следующими данными: сечение магнитопровода трансформатора *3* должно быть 10—12 *см*^{2}. Обмотка трансформатора *3* должна иметь 40 витков, намотанных проводом марки ПБД диаметром 2,1 *мм*. В качестве понижающего трансформатора может быть использован обыкновенный котельный трансформатор на 250 *вт*, перемотанный на напряжение 220/6 *в*. Для двигателей больших мощностей мощность трансформатора, номинальный ток амперметра, а также сечение проводов соответственно должны быть повышены.

5-9. ПРОВЕРКА ОБМОТКИ НА ОТСУТСТВИЕ ВИТКОВОГО ЗАМЫКАНИЯ

Проверка производится после того, как установлено, что изоляция обмотки от корпуса и между фазами не нарушена и рекомендуется производить при вращающемся электродвигателе.

К выводам обмотки статора подводят трехфазное напряжение, которое постепенно доводят до 130% номинального и выдерживают в течение 5 *мин*. Если в электродвигателе произведен только ремонт обмотки, а изоляция осталась старой, испытание производят в течение 1 *мин*. Для получения повышенного напряжения обмотку статора питают через

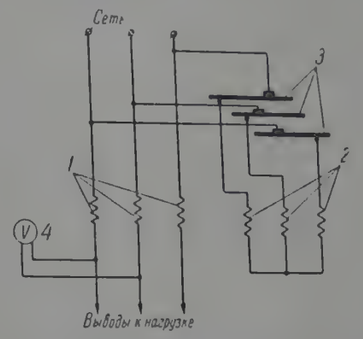


Рис. 5-14. Схема соединений электродвигателя с фазным ротором для использования в качестве индукционного регулятора.

1 — обмотка статора; *2* — обмотка ротора; *3* — контактные кольца; *4* — вольтметр.

индукционный регулятор. Если индукционный регулятор отсутствует, то для этих целей может быть использован заторможенный асинхронный электродвигатель с фазным ротором соответствующей мощности и напряжения, соединенный по схеме, показанной на рис. 5-14.

Пределы регулирования такого устройства зависят от соотношения между числами витков (коэффициентом трансформации) в обмотках статора и ротора. Когда эти числа равны, возможно регулировать напряжение от нуля до двойного номинального значения. Во время регулирования медленно поворачивают заторможенный ротор в ту или иную сторону, чем вызывается изменение напряжения на выводах.

Приспособление для обнаруживания витковых замыканий

Замыкания между витками, катушками и секциями можно обнаружить прибором, представляющим собой подковообразный электромагнит (рис. 5-15), который состоит из сердечника 2, набранного из листов электротехнической стали, подковообразной формы толщиной 0,35—0,5 *мм*, стягиваемых четырьмя стяжными болтами диаметром 3,5—4,0 *мм*, изолированными от сердечника электрокартоном или изоляционной трубкой.

Катушка *1* наматывается из 1125 витков

(25 слоев по 45 витков в каждом, проводом марки ПБО диаметром 0,6 *мм*) на каркас, изготовленный из электрокартона толщиной 1,5—2,0 *мм*, и насаживается на сердечник из электротехнической стали.

Катушки после намотки пропитывают изоляционным лаком и подвергают сушке. Концы катушки выводят через отверстие в ручке и присоединяют к шнуру с вилкой. Полюсы

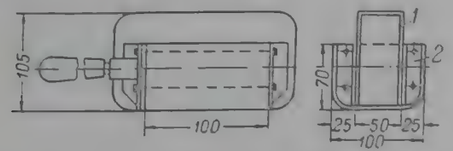


Рис. 5-15. Электромагнит для обнаруживания витковых замыканий.
1 — катушка; *2* — сердечник.

подковообразного сердечника по радиусу выполняются соответственно окружности или выпуклости статора или дуги ротора.

Для нахождения короткозамкнутых витков в статоре или фазном роторе электромагнит устанавливают параллельно пазам статора или ротора. При этом секции обмотки должны быть разъединены. По разомкнутой секции ток не должен протекать. Если же в секции есть короткозамкнутые витки, то после установления электромагнита на паз с разомкнутой секцией амперметр покажет наличие в ней тока.

Определить витковое замыкание в обмотке статора можно и при помощи пластинки из белой жести толщиной в 0,25—0,35 *мм*, шириной в 10 *мм* и длиной соответственно длине сердечника статора. Эту пластинку поочередно прикладывают к пазам. Если какая-либо секция, на которую пластинка наложена, имеет витковое замыкание, то при подключении обмотки к сети (на весьма короткое время) пластинка начнет вибрировать и издавать звук в виде жужжания.

Наличие виткового замыкания можно также определить и методом «шарика»: после подключения обмотки к сети (желательно на пониженное напряжение) на короткий период в расточку статора бросается металлический шарик от шарикового подшипника.

Если в обмотке нет виткового замыкания, то шарик будет вращаться по окружности сердечника статора, а если есть, шарик прилипнет к сердечнику статора в месте замыкания, которое после отключения обмотки от сети может быть определено по нагреву стали в этом месте.

5-10. ПРОВЕРКА ЧИСЛА ВИТКОВ В НАМОТАННЫХ СЕКЦИЯХ

Проверка производится в тех случаях когда секции изготовлены с помощью приспособлений, не имеющих счетчика числа оборотов, и требуется их проверка.

Для проверки числа витков может быть использовано простое приспособление (рис.

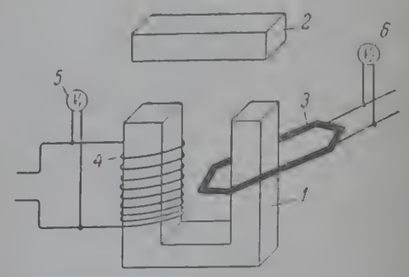


Рис. 5-16. Приспособление для проверки числа витков в секции.
1 — сердечник; *2* — съемное кольцо; *3* — испытываемая секция; *4* — первичная катушка; *5* — вольтметр на стороне первичной катушки; *6* — вольтметр для измерения напряжения секции.

5-16) в виде трансформатора *1* со съемным ярмом *2*.

Первичную катушку *4* трансформатора, число витков в которой известно, подключают к сети переменного тока и измеряют напряжение вторичной катушки, которой является испытываемая секция *3*.

Число витков в секции определяется из формулы

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 v_2}{v_1}, \qquad (5\text{-}11)$$

где v_1 — напряжение, подведенное к первичной катушке, *в*;
ω_1 — число витков в первичной катушке;
v_2 — напряжение, измеренное на концах испытываемой катушки, *в*.

5-11. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ СХЕМЫ ОБМОТКИ

Схему можно считать правильно соединенной, если при обходе по полюсно-фазным группам обмотки вдоль окружности статора и соответственно обозначения стрелками их направления не получится ни одной пары полюсно-фазных групп, последовательно расположенных, с одним и тем же направлением стрелок, так как после обхода каждой группы направление стрелки должно изменяться в обратную сторону.

При проверке постоянным током правильности соединения обмотки один из зажимов источника постоянного тока подключается к нейтрали (соединение звездой), а другой — поочередно к выводам C_1, C_2, C_3; компасом или подвешенным на ниточке пером определяют полярность катушечных групп каждой фазы. При изменении полярности стрелка компаса повернется, а перо будет поворачиваться противоположным концом.

При правильном соединении схемы Север и Юг должны попеременно следовать вдоль всей окружности статора.

Если же какие-либо последовательно расположенные полюсно-фазные катушечные группы покажут одинаковую полярность, т. е. Север, Север или Юг, Юг, это покажет на неправильность соединения схемы обмотки. При проверке правильности соединения схемы, соединенной в треугольник, одна из вершин треугольника должна быть разъединена и один из зажимов источника постоянного тока присоединен к разомкнутому кольцу треугольника, а другой — к одной из неразомкнутых вершин треугольника, при этом ток будет протекать по одной фазе.

После подключения таким же методом, как при соединении звездой, определяют полярность полюсно-фазных катушечных групп.

5-12. ИЗМЕРЕНИЕ ЗАЗОРОВ

а) Величина воздушного зазора между расточкой статора и бочкой ротора сильно влияет на работу электродвигателя и поэтому его следует тщательно проверять.

При чрезмерном увеличении воздушного зазора в асинхронных электродвигателях, у которых он имеет малую величину, качественные показатели электродвигателя сильно ухудшаются.

При завышенном воздушном зазоре ток холостого хода чрезмерно растет, а к. п. д. и коэффициент мощности ухудшаются.

Причины увеличения воздушного зазора могут быть следующие: небрежная чистка стали ротора и статора от грязи и лака, задевание ротора о статор при разборке, сборке и во время работы из-за износа подшипников, замена роторов и статоров однотипных электродвигателей при эксплуатации и ремонте без замера зазора, хранение роторов непосредственно на металлических стеллажах и верстаках, коррозия стали ротора и статора вследствие хранения и работы электродвигателей в сырых и неотапливаемых помещениях и т. д.

Для замера зазоров пользуются щупами, представляющими собой набор узких стальных полосок достаточной длины и калиброванные по толщине.

Измерение производится путем вдвигания этих полосок поодиночке или в различных сочетаниях в измеряемый зазор. Если пластинка щупа или набор пластинок свободно входят в зазор, следует толщину пластинок увеличить прибавлением пластинки соответствующей толщины, и наоборот, если пластинки туго входят в зазор, следует число пластинок или толщину одной пластинки убавить. Зазоры в электродвигателях по возможности следует производить в четырех точках, расположенных по окружности статора под углом 90°. Измеряют зазор с обеих сторон ротора, в каждой точке при четырех положениях, сдвинутых на 90°.

Для каждой точки находится средняя величина зазора из четырех измерений при разных положениях ротора и выводится средний размер зазора

$$\delta_{ср} = \frac{\delta_{1ср} + \delta_{2ср} + \delta_{3ср} + \delta_{4ср}}{4}.$$

Отклонение зазора подсчитывается в процентах по формуле

$$\frac{\delta_{ср.макс} - \delta_{ср.мин}}{\delta_{ном}} \cdot 100,$$

но не более $\pm 10\%$.

Если в щитах статора нет отверстия для ввода щупа, измерение зазоров может быть заменено измерением внутреннего диаметра статора и ротора или до окончательной сборки электродвигателя ротор кладут на сталь статора и замеряют наибольшую величину зазора между ротором и статором, что и будет удвоенной величиной зазора.

Величины зазоров приведены в табл. 5-2.

По возможности величину воздушного зазора следует измерять при четырех различных последовательно сдвинутых на 90° положениях ротора.

Наибольшее допустимое отклонение замеренной величины зазора от среднеарифметического значения произведенных замеров не должно превышать $\pm 10\%$ средней величины.

При производстве замеров необходимо следить, чтобы изоляция обмоток не была повреждена щупом.

Таблица 5-1

Допустимые величины поступных зазоров

Мощность электродвиг., *квт*	При скорости вращения			
	1500 *об/мин*		3000 *об/мин*	
	Нормальный зазор, *мм*	Максимально допустимый зазор, *мм*	Нормальный зазор, *мм*	Максимально допустимый зазор, *мм*
0,13—0,25	0,20	0,30	0,25	0,40
0,5—0,75	0,25	0,40	0,30	0,50
1,0—2,0	0,30	0,50	0,35	0,50
3,0—7,5	0,35	0,55	0,50	0,80
10—15	0,40	0,65	0,65	1,0
20—40	0,50	0,80	0,80	1,25
50—75	0,65	1,0	1,0	1,5
100	0,80	1,25	1,25	1,75

При наличии электродвигателей с зазорами, меньшими указанных в приведенной таблице мощностей пользоваться строкой ближайшей большей мощности.

При наличии электродвигателей с зазорами между сердечниками статора и ротора их эксплуатация становится неэкономичной. Однако набрасывать в этом все такие электродвигатели вряд ли следует, особенно в случае, когда для их замены ничего нет.

Такие электродвигатели по возможности должны ремонтироваться только после проведения в каждом отдельном случае специального пересчета обмоток статоров, где перед расчетчиком стоит цель максимально приблизить коэффициент мощности и к. п. д. к его номинальным значениям за счет некоторого снижения номинальной мощности, так как при этом мощность на валу снижается меньше, чем у электродвигателя с увеличенным зазором до их пересчета. Такой метод ремонта проверен на практике и оправдал себя.

б) Для измерения зазора между шейкой вала и вкладышем (разъемным) по шее дна шейки вала прокладывают свинцовую проволочку диаметром 1—2 *мм*. Проволочку укладывают на нижнем вкладыше на плоскости разъема с обеих сторон.

На шейку вала накладывают верхнюю половину вкладыша и верхнюю крышку подшипника, которую зажимают болтами. Величина зазора будет равна разности между средней толщиной сплющенной проволочки, проложенной по шейке вала, и средней толщиной проволочки, проложенной по линии разъема.

Величина зазора должна равняться заводским данным, а при их отсутствии — данным табл. 5-3.

Осевой зазор (осевая игра) — это полная величина осевого смещения в обе стороны одного кольца относительно другого, величина

Таблица 5-3

Зазоры в подшипниках (перекосные)

Диаметр вала, *мм*	Зазор (верхний зазор), *мм*, при числе оборотов		
	до 1000	1000—1500	3000
18—30	0,01—0,054	0,06—0,13	0,14—0,28
30—50	0,05—0,112	0,075—0,16	0,17—0,34
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,2—0,4
80—120	0,09—0,16	0,12—0,235	0,23—0,45
120—180	0,1—0,195	0,15—0,285	0,25—0,54
180—260	0,12—0,225	0,18—0,33	0,3—0,6

При наличии в подшипниках скольжения величина зазора, измеренная щупом, не должна превышать для четырехполюсных электродвигателей мощностью 5—100 *квт* среднего значения, приведенного в таблице, более чем на 10%.

Для двухполюсных подшипников с кольцевой смазкой зазор допускается в пределах 0,1—0,2% от диаметра шейки вала.

Таблица 5-3а

Разбег (осевая игра) вала в подшипниках скольжения

Мощность электродвигателя, *квт*	Осевые зазоры в подшипниках, *мм*	
	в одну сторону	в обе стороны
До 10 *квт*	0,50	1,0
10—25	0,5—1,0	1,0—1,0
25—50	1,0—1,5	2,0—3,0
50—100	1,5—2,0	3,0—4,0

Таблица 5-3б

Допустимые зазоры в подшипниках качения

Внутренний диаметр подшипника, *мм*	Радиальные зазоры, *мм*		
	в новых нормальных подшипниках	в новых роликовых подшипниках	максимально допустимые зазоры при износе подшипников
20—40	0,01—0,02	0,03—0,05	0,1
45—50	0,01—0,02	0,05—0,07	0,2
55—80	0,01—0,02	0,06—0,08	0,2
85—120	0,02—0,03	0,08—0,10	0,3

Примечание. Радиальный зазор подшипника качения представляет собой сумму зазоров между телом качения, измеряемое щупом по радиусу диаметра.

которой в нормальных подшипниках не должна быть более 0,5 *мм*.

Боковые зазоры между шейкой вала и вкладышем обычно бывают в 1,5 раза больше верхнего зазора.

Осевые зазоры (разбег в подшипниках при диаметре шеек до 200 *мм*) должны находиться в пределах: при мощности до 25 *квт* — 1—2 *мм*, 25—50 *квт* — 2—3 *мм*, более 50 *квт* — 3—4 *мм*. Зазоры должны составлять до 2% от диаметра шейки.

Эти зазоры необходимы для того, чтобы при тепловом расширении вала не было трения между заточкой вала и торцом вкладыша, исходя из расчета, что удлинение вала составит 0,5 *мм* на каждый метр длины при температуре 40° С. Расширение вала происходит от подшипника со стороны муфты в направлении второго подшипника. При роликовых подшипниках смещение может быть допущено не более 0,5 *мм*, а при шариковых оно ограничено последовательным осевым зазором.

Проточка шеек вала со скользящими подшипниками допустима в пределах не более чем 5—6% первоначального диаметра (по заводскому исполнению).

Овальность шейки допускается в пределах 0,2% диаметра, а конусность — в пределах 0,3% диаметра.

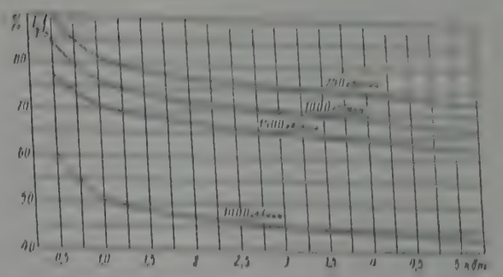


Рис. 5-17. Кривые предельных величин тока холостого хода трехфазных асинхронных двигателей мощностью до 5 *квт*; I_x — ток холостого хода; $I_н$ — номинальный ток.

5-13. ИСПЫТАНИЕ ПРИ ХОЛОСТОМ ХОДЕ

Испытание электродвигателя на холостом ходу проводится с целью проверки качества сборки электродвигателя и исправности его отдельных частей — обмоток, активной стали, подшипников и т. д.

При испытании на холостом ходу следует измерять напряжение сети и величину тока в каждой фазе. Величина тока холостого хода характеризует качество сборки и состояние всех частей электродвигателя.

При отсутствии заводских данных величину тока холостого хода можно определить по кривым рис. 5-17 и 5-18.

Испытание холостого хода производится при работающем электродвигателе в продолжение не менее 30 *мин*, напряжение и ча-

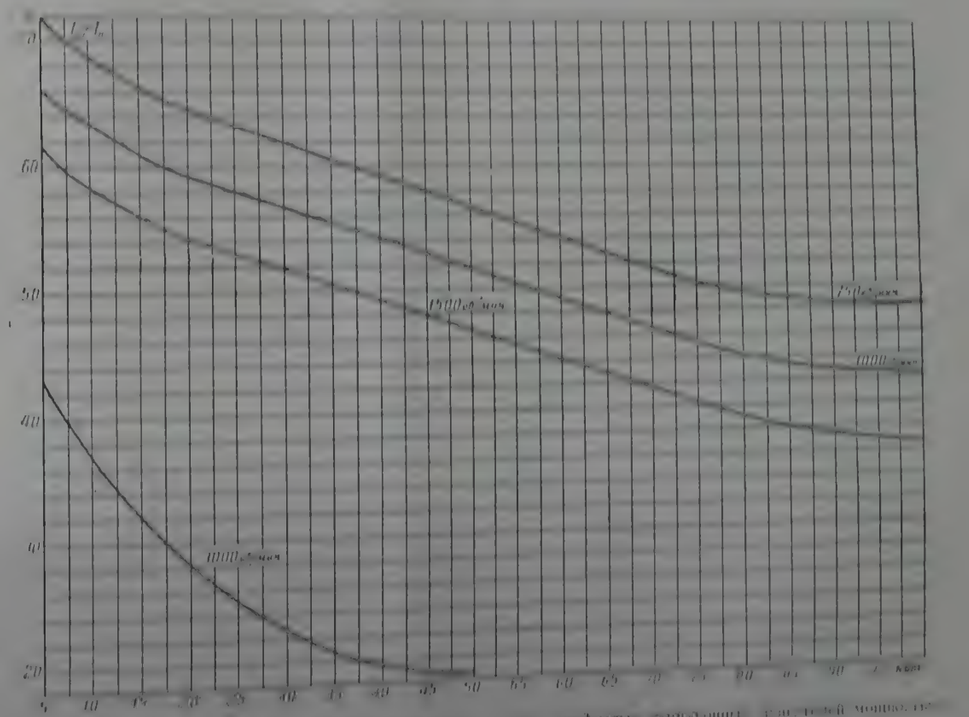


Рис. 5-18. Кривые предельных величин тока холостого хода трехфазных асинхронных двигателей мощностью 5—100 *квт*.

стота питающей сети при этом не должны отличаться от номинальных значений более чем на ±5%.

При испытании измеряются: ток холостого хода в каждой фазе, число оборотов в минуту, температура трущихся частей и величина осевого перемещения ротора, работа щеточного аппарата и смазочных колец и т. д.

Значения линейных токов фаз I_1; I_2; I_3 не должны отличаться друг от друга более чем на 5%, а величина тока холостого хода I_0, выраженная в процентах номинального тока, не должна превышать значений по кривым рис. 5-17 и 5-18. Если при номинальном напряжении ток холостого хода больше величин, получаемых по кривым рис. 5-17 и 5-18, или линейные токи отличаются друг от друга более чем на 5%, следует считать электродвигатель неисправным.

В частности, необходимо проверить: правильность числа намотанных витков в обмотках фаз (что может быть проверено измерением сопротивления обмоток фаз постоянному току), исправность беличьей клетки ротора, отсутствие аксиального смещения сердечника ротора по отношению к сердечнику статора, величину воздушного зазора, правильность соединения схем обмотки статора и нагрев подшипников.

Следует учесть, что величина холостого хода резко увеличится при увеличении ширины шлица (порези) паза против нормальной. По этому пропиливать шлиц для облегчения укладки обмотки нельзя.

5-14. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Амперметр служит для измерения величины тока и всегда включается в цепь последовательно.

Вольтметр служит для измерения напряжения и всегда включается параллельно.

По принципу устройства эти приборы не отличаются друг от друга.

Ваттметр служит для измерения мощности.

а) Электродинамические приборы основаны на взаимодействии двух катушек с током. Эти приборы состоят из двух катушек, из которых одна неподвижная, а другая подвижная, вращающаяся вокруг оси. При пропускании тока через обе катушки вокруг них образуются магнитные поля, которые вступают во взаимодействие, и подвижная катушка отклоняется на некоторый угол, величина которого зависит от величины тока, проходящего через катушки.

К подвижной катушке прикреплена легкая стрелка, которая передвигается над шкалой, проградуированной либо на ток в амперах, если прибор работает амперметром, либо на напряжение в вольтах, если он работает как вольтметр. Для успокоения колебаний стрелки применяется успокоитель.

При использовании прибора в качестве амперметра подвижная и неподвижная катушки соединяются параллельно, так как подвижная катушка изготавливается из более тонких проводников, чем неподвижная, и при последовательном их соединении через них нельзя было бы пропустить весь ток.

При пользовании прибором как вольтметром обе катушки соединяются последовательно.

Эти приборы отличаются большой точностью.

При включении приборов в цепь переменного тока ток меняет направление одновременно как в подвижной, так и в неподвижной катушках. В результате усилие, испытываемое подвижной катушкой, сохраняет свое направление неизменным.

б) Электромагнитные приборы основаны на втягивании соленоидом стального сердечника.

Эти приборы состоят из неподвижной катушки, которая при прохождении по ней тока втягивает внутрь себя стальную пластинку.

Пластинка втягивается внутрь катушки тем больше, чем больший ток по ней проходит. Стальная пластинка вращается вокруг оси, к которой прикрепляется стрелка, перемещающаяся над шкалой.

Для установки стрелки на нуль применяется противовес, движущийся по трубке, который одновременно служит и успокоителем.

В электромагнитных амперметрах неподвижная катушка изготовляется из небольшого числа витков толстой проволоки, а в вольтметрах — из большого числа витков тонкой проволоки.

Электромагнитные приборы применяются для переменного и постоянного тока. Они отличаются меньшей точностью, чем электродинамические приборы, но благодаря своей простоте конструкции, надежности в работе, малой подверженности внешним влияниям могут быть сделаны весьма точными.

Переносные вольтметры и амперметры, особенно высших классов точности, зачастую изготовляются на несколько пределов измерения. При этом изменение пределов измерения вольтметров производится путем изменения величины добавочного сопротивления, включенного последовательно с обмоткой прибора.

Изменение пределов измерения электромагнитных амперметров происходит по-иному.

При переменном токе нельзя применять шунты, так как распределение токов (переменный ток) между параллельно включенными цепями зависит не только от их сопротивлений, но и от индуктивностей, которые изменяются вместе с частотой.

Изменение пределов измерения обмотки электромагнитного амперметра разделяется обычно на четыре одинаковые части; в нем содержится устройство, позволяющее соединять отдельные части друг с другом последовательно или параллельно или смешанно — в две параллельные ветви из двух последовательно соединенных частей в каждой. Такие соединения дают возможность иметь три предела измерения, находящихся в отношении 1 : 2 : 4, например, 5, 10 и 20 *а*. Такое устройство большей частью выполняется в виде штепсельного переключателя.

Для предупреждения возможного искажения показаний из-за влияния внешних магнитных полей амперметры и вольтметры электромагнитной системы высших классов точности изготавливаются в так называемом астатическом исполнении.

При пользовании неастатическими приборами их следует расположить на некотором расстоянии друг от друга и от других приборов, чтобы между осями соседних приборов выдерживалось расстояние не менее 400 *мм*.

в) Ваттметры электродинамические при включении в цепь переменного тока устроены так, что отклонения стрелки пропорциональны мощности переменного тока, т. е. $UI\cos\varphi$.

Последовательная (токовая) обмотка ваттметра изготовляется из небольшого числа витков толстой проволоки или ленты, а параллельная (напряжения) из большого числа витков тонкой проволоки.

В зависимости от сочетания направления токов в неподвижной обмотке и в подвижном устройстве направление его отключения может быть различным. Переносные ваттметры обычно снабжаются переключателями, позволяющими изменять направление включения подвижного устройства и тем самым заставлять его отклоняться в нужную сторону.

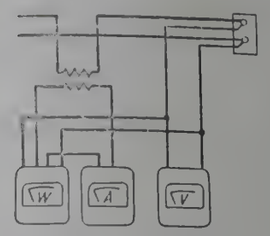


Рис. 5-19. Схема для измерения мощности однофазного тока с применением трансформатора тока.

Шкала ваттметра совершенно равномерна и напоминает шкалу прибора магнитоэлектрической системы.

Так как переносные ваттметры обычно имеют несколько пределов измерения по току и напряжению, то для каждого сочетания этих пределов измерения по току и напряжению следует определять цену деления шкалы. Для этой цели надо перемножить выбранные пределы измерения по току и по напряжению и полученное произведение разделить на число делений шкалы.

Иногда для производства замеров пользуются щитовым ваттметром, обычно выполненным по ферродинамической или индукционной системе. Недостатком этого прибора является то, что он может работать при одной определенной частоте; а всякое отклонение от этой частоты искажает его показания.

Для измерения мощности однофазного переменного тока, потребляемой электродвигателем, толстую (токовую) обмотку ваттметра включают последовательно в цепь измеряемого тока, а тонкую (напряжения) параллельно зажимам объекта измерения (рис. 5-11).

Современные амперметры в цепи тока ваттметров редко строятся на токи больше 20—25 *а*, а вольтметры в цепи напряжения ваттметров на напряжение выше 600—650 *в*, что дает мощность около 12—16 *квт*.

Между тем даже в цепях низкого напряжения приходится иметь дело с большей мощностью. В этих случаях приходится включать амперметр в цепь тока ваттметра через соответствующий трансформатор тока (рис. 5-19).

Мощность цепи трехфазного тока будет равна утроенному показанию ваттметра.

5-15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ СПЕЦИАЛЬНОГО СТЕНДА

Такое определение производится путем измерения числа оборотов электродвигателя в минуту при одновременном измерении частоты в питающей сети. Число оборотов в минуту измеряется обычно ручным тахометром, а частота — частотомером.

Величину скольжения определяют в процентах номинальной скорости и вычисляют по формуле

$$s^0/_0 = \frac{n_0 - n_1}{n_0} \cdot 100, \qquad (5\text{-}12)$$

где $s^0/_0$ — величина скольжения, $^0/_0$;

n_0 — номинальное (синхронное) число оборотов, соответствующее частоте сети f, согласно формуле

$$n_0 = \frac{60f}{p}; \qquad (5\text{-}13)$$

f — частота;

p — число пар полюсов;

n_1 — измеренное число оборотов электродвигателя.

Скольжение электродвигателя при холостом ходе не должно превышать 2%.

Если электродвигатель имеет ротор с контактными кольцами, можно измерить скольжение, присоединив вольтметр постоянного тока (магнитоэлектрический) к двум контактным кольцам с помощью скользящих щеток (рис. 5-20). Стрелка вольтметра будет колебаться в соответствии с частотой тока в роторе, а так как эта частота мала, то число колебаний в минуту легко сосчитать, контролируя время секундомером.

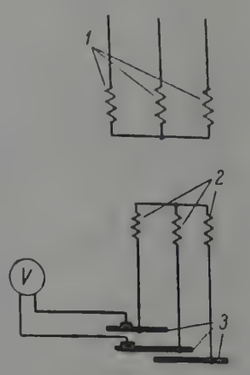


Рис. 5-20.

1 — обмотка статора; *2* — обмотка ротора; *3* — контактные кольца; *V* — вольтметр постоянного тока.

Величину скольжения подсчитывают по формуле

$$s^0/_0 = \frac{f_s}{60f} \cdot 100, \qquad (5\text{-}14)$$

где f_s — число колебаний стрелки вольтметра в минуту;

f — частота в питающей сети, измеренная частотомером.

5-16. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ

Испытание электрической прочности изоляции обмоток от корпуса и между фазами для определения ее надежности является обязательным для всех электродвигателей, прошедших ремонт. Испытание производят переменным током нормальной частоты и начинают с напряжения, не превышающего 30% испытательного. До начала испытания изоляции следует измерить мегомметром сопротивление изоляции обмотки. Напряжение до полного значения поднимают постепенно, ступенями, не превышающими 5% полного испытательного напряжения. Время подъема напряжения от половинного значения до полного должно продолжаться не менее 10 *сек*. При подъеме напряжения необходимо следить, нет ли явлений прилипания или притягивания ротора

к сердечнику статора. Величина полного испытательного напряжения, которым следует руководствоваться при испытании, приведена в табл. 5-1. Эту величину выдерживают в течение 1 *мин*, после чего снижают до $^1/_3$ своего значения, а затем отключают.

Устройства установок для проведения испытаний электрической прочности изоляции зависят от местных условий и могут быть различными. Обычно это стационарная или переносная установка по схеме, приведенной на рис. 5-21.

Результаты испытания следует считать удовлетворительными, если не произойдет пробоя изоляции на корпус.

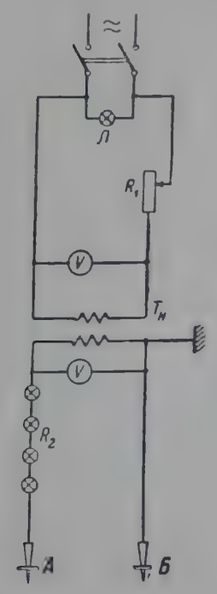


Рис. 5-21. $T_н$ — трансформатор напряжения; R_1 — реостат для регулировки напряжения; $Л$ — контрольная лампа первичной цепи трансформатора; R_2 — сопротивление вторичной цепи, состоящей из последовательно включенных ламп, суммарное напряжение которых должно равняться максимальному напряжению вторичной обмотки. Если при испытании лампы загорятся, это покажет, что изоляция пробита.

5-17. ОПЫТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Опыт состоит в том, что к неподвижному электродвигателю прикладывают пониженное напряжение. Чтобы ротор при этом не вращался, следует принимать соответствующие меры. В небольших электродвигателях на конец вала можно надеть хомутик и, затянув его винт, упирающийся в шпоночную канавку вала, подпереть хвост хомутика с той стороны, в которую должен вращаться ротор, куском дерева или металла соответствующей длины (рис. 5-22).

Если на конце вала имеется шкив или полумуфта с отверстиями, то для торможения ротора просовывают в отверстие лом, опирая его так, чтобы ротор не мог его вывернуть.

Снятие характеристики короткого замыкания электродвигателей мощностью до 100 *квт* представляет собой большие трудности.

Для таких электродвигателей снимать характеристики следует примерно с номинального значения приложенного напряжения, когда ток короткого замыкания при этом достигает 5—7-кратного номинального значения и нагревание обмоток происходит чрезвычайно быстро. Поэтому проведение этого опыта требует четкой и быстрой работы персонала.

Напряжение быстро поднимают до заданной величины, немедленно производят одновременный отсчет по всем приборам и тотчас напряжение опять снижают до возможного минимума и отключают. Сразу после этого производят измерение сопротивления обмотки

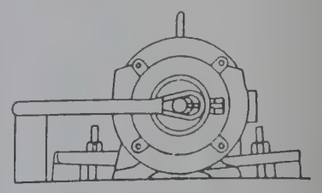


Рис. 5-22. Затормаживание ротора хомутиком.

статора, после чего охлаждают обмотку при холостом ходе электродвигателя в течение нескольких минут.

Зависимость тока короткого замыкания от приложенного напряжения, называемая характеристикой короткого замыкания, имеет вид примерно прямой линии. В большинстве современных короткозамкнутых электродвигателей наблюдается ясно выраженный перелом этой прямой при значениях тока между номинальным и двойным номинальным.

При затормаживании необходимо точно удостовериться, в какую сторону ротор вращается; так, при ошибочном затормаживании с ненужной стороны приспособление может легко быть сорвано и вызвать несчастный случай с людьми и оборудованием. Также необходимо предварительно проверить надежность крепления электродвигателя, чтобы при производстве опыта он не сорвался с места.

При проведении опыта короткого замыкания можно также найти или обнаружить обрывы стержней короткозамкнутого ротора. Для этого в цепь обмотки каждой фазы статора включают по амперметру через трансформатор тока и к ней подводят такое напряжение, чтобы ток короткого замыкания составлял около половины номинального.

При таком токе следует медленно и плавно поворачивать ротор, ведя наблюдение за всеми тремя амперметрами.

Если при этом обнаружится, что стрелки амперметров качаются поочередно между некоторыми наибольшими и наименьшими отклонениями, можно с уверенностью утверждать, что в обмотке ротора имеются стержни с разрывами.

5-18. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОД НАГРУЗКОЙ

Испытание электродвигателя под нагрузкой производится различными способами.

Одним из способов создания нагрузки является соединение электродвигателя с генератором постоянного тока, который в свою очередь нагружается реостатом или полезной нагрузкой. При этом, если генератор сцепляют с электродвигателем ременной передачей через

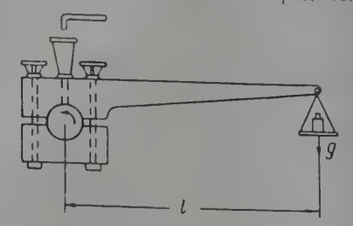


Рис. 5-23. Тормозное устройство для испытания под нагрузкой.

шкивы, расстояние между осями электродвигателя и генератора должно быть не менее $2(d_1+d_2)$, где d_1 и d_2—диаметры шкивов генератора и электродвигателя, а валы машины должны быть строго параллельно установлены (сцентрованы).

При спаривании машин полумуфтами необходимо, чтобы центры их валов обязательно совпадали. Следует отметить, что геометрические размеры разных электродвигателей различны, что осложняет процесс установки машины и их центровки.

Для испытания под нагрузкой отдельных электродвигателей мелких и средних мощностей в неприспособленных условиях можно пользоваться методом торможения.

Простейший вид колодочного тормоза приведен на рис. 5-23, который состоит из двух колодок, соединенных болтами, одна из которых имеет удлиненное плечо, опирающееся на весы (или прикрепленное к динамометру). Нагрузка электродвигателя регулируется большей или меньшей степенью сжатия тормозных колодок путем натяжения или отпуска стяжных болтов. Величина вращающего момента при этом способе нагрузки определяется по формуле

$$M_в = Gl, \qquad (5\text{-}15)$$

где $M_в$ — вращающий момент, $кГ \cdot м$;
G — вес гири, уравновешивающей момент трения, $кГ$;
l — длина плеча, $м$.

Условно горизонтальное положение плеча колодки должно соответствовать равновесию, для чего весы устанавливаются на возвышенность или колодку с трехгранным острием на тарелке, на которую опирается удлиненное плечо тормоза. В начале испытания электродвигатель пускают вхолостую, а загрузку тормозом до номинальной производят постепенно.

Мощность на валу электродвигателя определяется по формуле

$$P = M\frac{2\pi n}{60}9{,}81\ вт, \qquad (5\text{-}16)$$

где n — число оборотов в минуту, измеренное тахометром. При этом методе испытания необходимо обратить внимание на тормозное охлаждение колодок, которое производится маслом, подаваемым через отверстие в колодках.

При испытании электродвигателя под нагрузкой и при его работе с этой нагрузкой долгое время будет наблюдаться следующее: сначала все части электродвигателя будут очень быстро нагреваться, затем нарастание температуры начнет замедляться и, наконец, спустя некоторое время, температуры всех частей практически перестанут изменяться независимо от длительности работы при одной и той же нагрузке и температуре окружающей среды.

Длительность времени установления температуры измеряется 2—10 *ч*.

При испытании на нагревание следует через определенные промежутки времени записывать значения всех измеряемых величин: напряжения, тока, мощности, скольжения и температур частей электродвигателя. При испытании мелких и средних электродвигателей запись показания приборов производится через каждые полчаса. Температуры считаются установившимися, если их превышения над окружающей температурой изменяются во всех частях электродвигателя не более чем на 1° в час.

Кроме того, практикуется определение температуры обмоток мелких и средних электродвигателей после окончания испытания на нагревание, для чего электродвигатель отключают от сети и затормаживают, после чего измеряют сопротивления обмотки постоянному току (см. § 5-3).

В некоторых случаях при остановке электродвигателей с короткозамкнутыми роторами наблюдается не уменьшение сопротивления обмотки статора, а наоборот, его возрастание до некоторого наибольшего значения, после которого начинается медленное убывание.

Такое явление может иметь место, когда ротор имеет температуру настолько выше статора, что подогревает последний.

В этом случае величина сопротивления обмотки постоянному току принимается наибольшей из измеренных значений.

Следует иметь в виду, что приборы для измерения величин сопротивления надо присоединять не раньше, чем электродвигатель полностью остановится, иначе можно легко повредить измерительные приборы.

5-19. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНИКЕ ИЗМЕРЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ИСПЫТАНИЕМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Точные электроизмерительные приборы (вольтметры, амперметры и др.), применяемые для испытаний электродвигателей, обычно имеют шкалы, на которых не указано, каким значениям измеряемой величины соответствуют деления шкалы. Эти значения устанавливаются путем определения цены деления, вычисляемой по формуле

$$\text{цена деления} = \frac{\text{предел измерения (указан на шкале прибора)}}{\text{полное число делений шкалы}}.$$

Пример. Шкала вольметра с пределом измерения 120 *в* имеет 100 делений; цена деления равна:

$$\frac{120}{100} = 1{,}2 \ \textit{в/деление}.$$

Цена деления шкалы ваттметра определяется по формуле

$$\text{цена деления} = \frac{\text{произведение пределов измерения тока и напряжения}}{\text{полное число делений шкалы}}.$$

Пример. Ваттметр имеет пределы измерений: тока — 5 *а*, напряжения — 300 *в*, число делений шкалы — 150. Цена деления равна:

$$\frac{5 \cdot 300}{150} = 10 \ \textit{вт/деление}.$$

Зная цену деления шкалы, определяют значение измеряемой величины путем умножения числа делений, отсчитанных стрелкой прибора, на цену деления.

5-20. ИЗМЕРЕНИЕ ВИБРАЦИИ

В результате неуравновешенности отдельных частей ротора при его вращении возникает вибрация, передающаяся подшипникам, а через них и другим частям электродвигателя.

Для ликвидации или уменьшения вибрации от неуравновешенности вращающихся частей ротор следует подвергнуть балансировке. При производстве балансировки полностью устранить вибрацию не удается, поэтому требования ограничиваются тем, чтобы величина вибрации не превосходила безопасных для электродвигателя пределов

Величина вибраций измеряется сотыми долями миллиметра. Инструментом для определения степени вибрации, особенно тихоходных электродвигателей, может служить обыкновенный индикатор

Для измерения степени вибрации необходимо установить индикатор на подставку, не вибрирующую вместе с испытываемым электродвигателем, или для малых машин держать головку индикатора в руках, прижимая резиновый его наконечник к подшипниковому щиту или корпусу статора.

Более правильные результаты дает измерение вибраций специальным прибором — «виброметром». Конструкции виброприборов очень разнообразны, но основа их устройства в общих чертах одинакова.

Вибрации всякой части машины могут рассматриваться в трех взаимно-перпендикулярных направлениях. Чаще всего вибрацию измеряют в горизонтальном направлении перпендикулярно оси вала (поперечная вибрация), в вертикальном направлении (вертикальная) и в направлении оси вала (осевая).

Наиболее удобными являются те типы виброметров, которые допускают либо измерение вибраций сразу по всем трем направлениям, либо легкий и быстрый переход от одного измерения к другому. Простейшим прибором является ручной виброграф с механической записью пером, царапающим по бумажной ленте, покрытой особым составом. Этот прибор получил широкое распространение благодаря удобству обращения и надежности.

Игла вибрографа упирается в ту точку, где надлежит измерить вибрацию в требуемом направлении, после чего на несколько секунд включается пишущий механизм.

Недостатком этого прибора является то, что для определения величины вибрации запись приходится рассматривать через специальную лупу с делением на стеклянной шкале.

Более совершенны магнитоэлектрические виброметры с отсчетом показаний вибрации по шкале милливольтметра. В этом приборе вибрация воспринимается датчиком, соединенным с измерительной частью прибора гибким кабелем достаточной длины; датчик снабжен иглой, жестко закрепленной в его корпусе. Как и в виброметре, для измерения вибрации игла упирается в нужную точку в заданном направлении.

Результаты испытания электродвигателя, прошедшего ремонт, записываются в формуляре — акте испытания (см. приложение XXV).

Таблица 5-4

Допустимые величины вибрации

Скорость вращения, *об/мин*	500	600	750	1 000	1 500	3 000
Вибрация, *мк*	160—200	140—160	120	100	85	50

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ДЕТАЛИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

6-1. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ

Лаки, применяемые для изоляции электрических машин, разделяются на лаки:

1) покровные (лаки и эмали);
2) пропиточные;
3) клеящие;
4) специальные.

К каждому из указанных видов лаков предъявляются особые технические требования.

Лаки различаются также и по режиму сушки. Лаки бывают горячей сушки, требующие сравнительно высоких температур, и лаки холодной сушки (воздушной), которые достаточно быстро сохнут на воздухе.

В зависимости от состава изоляционные лаки подразделяются на масляные битумно-масляные, глифталево-масляные, кремнийорганические.

а) Покровные лаки

Покровные лаки могут быть как воздушной, так и горячей (печной) сушки. Лаки воздушной сушки технологически более удобны для пользования и поэтому имеют большее применение при ремонте обмоток электрических машин.

Покровные лаки должны:

а) создавать защитный изоляционный слой, предохраняющий лежащие ниже слои изоляции от внешних воздействий;

б) при нанесении их на наружную поверхность пропитанных обмоток крепко приставать к поверхности обмоток;

в) после высыхания образовать гладкую, плотную, глянцевую и блестящую пленку, которая при работе электродвигателя не должна удерживать на своей поверхности грязи и пыли; пленка лака должна быть механически достаточно прочной;

г) лаковая пленка должна хорошо и прочно скреплять отдельные слои изоляции;

д) лак (при соответствующей температуре сушки) должен достаточно быстро засыхать;

е) при длительной работе при номинальной рабочей температуре обмоток электродвигателя лаковая пленка не должна терять свою эластичность и размягчаться.

б) Клеящие лаки

Клеящие лаки предназначены для склеивания различных электроизоляционных материалов (слюды, бумаги, тканей, электрокартона и т. д.) в процессе изготовления изоляционных деталей обмоток;

Различают клеящие лаки двух видов:

а) лаки, обеспечивающие материалу длительную эластичность;

б) лаки, придающие изделию после склейки, последующей опрессовки и термической обработки прочность и твердость.

Лаки группы «а» применяются для производства гибких слюдяных изделий, а лаки группы «б», помимо других целей, применяются для производства прокладочных миканитов и т. п.

Для электрических двигателей, у которых имеет место попадание масла из подшипников на лобовые части обмоток, применение обыкновенных покровных лаков не рекомендуется.

в) Пропиточные лаки

К пропиточным лакам в зависимости от области их применения предъявляются технические требования которым не все они удовлетворяют.

При пропитке обмоток электрических двигателей пропиточные лаки выбирают, исходя из условий работы ремонтируемого электродвигателя и его конструктивных особенностей.

В основном пропиточные лаки должны соответствовать следующим техническим требованиям;

а) лак должен обладать достаточно малой вязкостью и хорошей пропитывающей способностью с тем, чтобы он быстро и глубоко мог проникнуть в поры пропитываемого материала;

б) лак должен заполнять все капилляры и поры в пропитываемом материале;

в) лак при пропитке не должен оказывать вредного воздействия на медь обмоток электродвигателей.

г) Специальные лаки

Эти лаки могут быть горячей и воздушной сушки; к ним относятся:

а) кремнийорганические лаки;
б) термореактивные лаки;
в) специальные замазки лобовых частей статорных обмоток и т. п.

Ниже даны характеристики лаков и эмалей, применяемых при ремонте электродвигателей.

Лак № 458 — битумный масляный пропиточный ускоренной печной сушки, широко применяется для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов. Растворителями его служат бензин, толуол, бензол, ксилол и скипидар. Особенно хорош этот лак для пропитки обмоток из эмалированного провода (в этом случае в качестве растворителя рекомендуется скипидар). При температуре 105° С лак сохнет не более 3 ч. Он не маслостоек, но хорошо противостоит действию влаги. Удельный вес при 20° С — 0,85. Рекомендуемая вязкость при применении — 4,5—6″ по воронке НИИЛК при температуре 20° С.

Лак № 460 — битумно-масляный пропиточно-покровный печной сушки, по своим свойствам близок к лаку № 458. В качестве покровного лака применяется для отделки лобовых частей обмоток электрических машин и аппаратов, так как дает хорошую защитную влагостойкую пленку. Растворителями лака служат бензин, толуол, бензол и скипидар. Сохнет лак при температуре 105° С не более 15 ч. Пленка лака эластична и более влаго- и нагревостойка, чем лак № 458. Поэтому при необходимости иметь влагостойкую изо-

лящию поверх пленки лака № 458 наносят пленку лака № 460.

Лак № 447—битумно-масляный пропиточный лак печной сушки, представляет собой смесь в равных частях лаков № 458 и 460. Применяется для пропитки обмоток электрических машин, работающих в условиях повышенной влажности. Является промежуточным между лаками № 458 и 460. Растворителями лака служат бензин, толуол, бензол и скипидар. Лак при температуре 105° С сохнет не более 4 ч. При нагреве обмоток электродвигателя до 130° С лак не разбрызгивается. Этот лак является одним из наиболее широко применяемых битумно-масляных пропиточных лаков в производстве электромашин.

Лак № 318 — битумно-масляный печной сушки черный. Применяется для пропитки обмоток электрических машин при ремонтах. Разбавителями этого лака служат толуол, бензол и ксилол. Сохнет лак при температуре 80—90° С в течение 18 ч. Пленка лака немаслостойка.

Лак № 802 – светлый масляный лак печной сушки. Маслостоек — применяется для пропитки обмоток электрических машин и трансформаторов, соприкасающихся с горячим минеральным маслом, а также при производстве светлых лакотканей. Лак менее влагостоек, чем битумно-масляные лаки. В качестве разбавителей лака применяется уайт-спирит или бензин. Сохнет при температуре 105° С в течение 3 ч.

Лак КФ-95 (№ 321) * — масляный печной сушки. Применяется для пропитки обмоток электрических машин, работающих в соприкосновении с минеральными маслами. Сохнет лак при температуре 80—90° С в течение 3 ч; пленка его эластична без отлипа и маслостойка.

Лаки водноэмульсионные № 321-В и 321-Т представляют собой тонкодисперсные эмульсии масляно-смоляных лаковых основ в воде. Основа лака 321-В изготовляется из смеси тунгового и льняного масла, а 321-Т — на тунговом масле. Лаки 321-В и 321-Т — взаимозаменяемы, но лак № 321-Т дает более глянцевую пленку. В пожарном отношении эти лаки безопасны и взрывобезопасны; они не оказывают вредного влияния на эмалевую изоляцию проводов. По сравнению с лаком № 447 водноэмульсионные лаки обладают повышенной цементирующей способностью и маслостойкостью, уступая только по влагостойкости. По внешнему виду эти лаки представляют собой жидкость молочного цвета с продолжительностью высыхания при 135° С в течение 5—6 ч, а на бумаге в течение 3 ч. Эмульсионные лаки применяются для пропитки статорных обмоток с классом изоляции А. До пропитки обмотки должны быть подогреты до 60—80° С. Обычно пропитку этим лаком производят 2 раза, а сушку при 120—130° С в течение 4—10 ч в зависимости от габарита электродвигателей. В процессе сушки следует контролировать величину сопротивления изоляции. Растворителем лака служит обычная водопроводная (питьевая) вода.

Лак ГФ-95 (№ 1154) — светлый масляно-глифталевый, наиболее часто употребляемый в производстве электрических машин и трансформаторов. Применяется лак как пропиточный и как покровный. Обладает довольно высокой клеящей способностью. Пленка лака светла и прозрачна, прочна, относительно тверда, очень маслостойка и кислотостойка, но не особенно влагостойка. В основном лак применяется для пропитки обмоток электрических машин, подвергающихся действию паров кислот и хлора. Для повышения качества пленки обмотку следует подвергнуть интенсивной сушке (с хорошим доступом свежего воздуха), сначала при температуре 60—70° С с последующим повышением температуры до 120—130° С, а к концу сушки — до 150° С. В качестве растворителя и разбавителя применяются уайт-спирит и толуол (или бензол) в равных количествах.

Лак БТ-99 (№ 462П) — битумно-масляный покровный воздушной сушки, влагостойкий, но немаслостойкий. Сохнет при температуре 20° С в течение 3 ч. Пленка этого лака гладкая, глянцевая, без крупинок, морщин, пузырей и отлипа. Применяется для покрытия пропитанных обмоток электрических машин и отделки изоляционных деталей. Разбавителями лака служат керосин, бензин, толуол (или бензол) и ксилол.

Лак № 317 — битумно-масляный покровный воздушной сушки, немаслостойкий и выпускается взамен лака № 316. Сохнет лак при температуре 20° С в течение 12 ч. Разбавителями лака служат бензин, толуол, бензол. Применяется лак при срочных ремонтах электрических машин. Пленка этого лака без отлипа, твердая, гладкая, глянцевая, без крупинок, морщин и пузырей. Этот лак по своим свойствам близок к лаку № 462П, но по качествам уступает ему, так как содержит мало масла и много битума.

Лак № 152 — светлый масляно-смоляной покровный воздушной и горячей сушки, сравнительно маслостойкий. Сохнет при температуре 20° С в течение 24 ч, а при 105° С — в течение 1 ч. Пленка лака относительно стойка к действию минерального масла при нормальной температуре, но не отличается большой эластичностью. Разбавителем служит бензин. Применяется при срочных ремонтах обмоток электрических машин.

Лак № 1229 — глифталево-масляный светлый горячей сушки с очень высокой нагревостойкостью и маслостойкостью. Стоек также к воздействию минерального масла, кислот и хлора и может применяться при нагревах электрической машины до 140—150° С. Кроме применения для отделочного покрытия изоляции электрических машин, применяется также для изготовления эмали СПД. Растворителем лака служит равная смесь уайт-спирита и толуола.

Эмаль СПД — глифталево-масляная серая эмаль печной сушки, маслостойка и сохнет при 105° С в течение часа. Рекомендуется наносить эмаль отдельными тонкими слоями и после нанесения каждого слоя сушить. Пленка эмали твердая, гладкая, глянцевая, без крупинок, морщин, пузырей и отлипа. Применяется эмаль для покрытия пропитанных обмоток и неподвижных частей электрических машин с целью получения глянцевого механически прочного и твердого покрытия. Эмаль стойка и против минеральных масел. Перед употреблением эмаль должна быть тщательно перемешана во избежание осаждения пигмента. Разбавитель — смесь равных количеств уайт-спирита и толуола.

Лак № 462К — битумно-масляный клеящий, сохнет при температуре 20° С в течение 3 ч. Разбавителями лака служат толуол или бензол. Пленка лака гладкая, блестящая без крупинок. Лак применяется как клеящий при ремонте обмоток электрических машин, и также при производстве гибких миканитов и миканитовых изделий.

Лак БТ-95 (№ 441) — битумно-масляный клеящий, эластичный, черного цвета. Применяется для склейки микаленты, а также для производства микаленты и микашелка. При нормальной температуре лак весьма длительно сохраняет свою эластичность и клейкость. Сохнет при температуре 20° С, при этом длительное время сохраняет свою липкость. Применение этого лака при изготовлении микаленты дает возможность длительно сохранять гибкость микаленты, что необходимо при перевозке ее на далекие расстояния к месту ремонта. Разбавителем этого лака служит толуол или бензол. Пленка лака гладкая, блестящая, без крупинок, с маслянистым выпотом.

Шеллачный лак представляет собой раствор шеллака в спирте. Лак нагрево- и маслостоек, механически не прочен и гигроскопичен. Применяется как клеящий лак при изготовлении формовочных миканитов концентрации 30±2%, а как клеящий и цементирующий при ремонтах электрических машин 50±2% концентрации. Может быть использован и как покровный лак холодной сушки при срочных ремонтах. Для получения лаковой пленки особо высокого качества все же следует применить горячую сушку. Разбавителем лака служит этиловый спирт (ректификат).

Лак № 302 — масляно-смоляной огневой (горячей) сушки. Выпускается взамен лака № 202. Применяется для лакировки сегментов активной стали электрических машин и магнитопроводов трансформаторов. В качестве разбавителя применяется чистый отфильтрованный керосин. Высыхает лак при температуре 100° С в течение 5 ч, образуя при этом гибкую пленку. Тонкий слой лака, нанесенный валиками или кистью на металлическую поверхность, высыхает в течение 1 *мин* при температуре около 400° С, образуя блестящую, очень твердую пленку, весьма нагрево-масло- и влагостойкую, с хорошими электрическими свойствами. Цвет пленки — от светлого до темно-коричневого. Рекомендуемая вязкость по воронке НИИЛК при 20° С не менее 18 *сек*.

Эмаль № 1201 — нитроэмаль воздушной сушки. Применяется эмаль для электроизоляционного покрытия деталей машин и трансформаторов, где требуется твердое, глянцевое и маслостойкое покрытие. Пленка лака имеет цвет от розового до светло-коричневого; она глянцевая, твердая, влагостойкая, а также дугостойкая. Эмаль сохнет при 20° С не более 16 ч. Разбавитель — растворитель № 646.

6-2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЛАКИ И ЭМАЛИ

Эмаль ПВЭ-2 — нагревостойкая, покровная, воздушной сушки. Применяется эмаль при проведении ремонтных работ лобовых частей электродвигателей специального назначения. В качестве разбавителя эмали применяется толуол. Эмаль ПВЭ-2 может быть использована для заделки дефектов на изделиях, покрытых нагревостойкими электроизоляционными эмалями ПКЭ-14 и ПКЭ-19 (см. ниже) методом нанесения кистью на поврежденные места (царапины, небольшие задиры и т. п.) эмалевого покрытия, прошедшего режим сушки и охлажденного до 20° С. Эмаль перед употреблением разбавляется толуолом до вязкости 40 по воронке ВЗ-4 * при 20° С. Покрытые эмалью изделия выдерживают в защищенном от пыли месте при 20° С до полного ее высыхания, но не менее 24 ч.

Эмаль ПКЭ-19 — нагревостойкая, покровная, низкотемпературной сушки. Эмаль предназначается для покрытия и ремонта лобовых частей секций, катушек и других деталей электрических машин, длительно работающих при температуре до 180° С или в условиях повышенной влажности. Наносится эмаль на изделия методом пульверизации, применяется с добавлением ускорителя высыхания — сиккатива № 63, который вводится перед употреблением в количестве 1,75—2%.

Лак ГФ-95 — светлый глифталево-масляный, широко применяемый в производстве электрических машин как пропиточный и покровный; лак обладает довольно высокой клеящей способностью. Пленка лака прочна, относительно тверда, очень маслостойка и кислостойка, но не особенно влагостойка. Лак в основном применяется как пропиточный для машин, подвергающихся действию паров кислот и хлора.

Для повышения качества пленки обмотку следует подвергнуть интенсивной горячей сушке (с хорошим доступом свежего воздуха) сначала при температуре 60—70° С с последующим повышением температуры до 120—130° С, а к концу сушки до 150° С. Разбавителем лака служат уайт-спирит и толуол в равных количествах.

Лак МЛ-92 — термореактивный, пропиточный, хорошо просыхает в толстых слоях, а также хорошо цементирует обмотку. Лак масло- и влагостоек. Применяется лак для пропитки обмоток электрических машин с классами изоляции А и Е, длительно работающих при температуре 105 и 120° С. Сушку производят в два приема при температуре 80—105° С для удаления летучих растворителей и при 120—130° С для запечки. Сушка после каждой пропитки производится в течение 8—10 ч, а после третьей — в течение 10—16 ч в зависимости от габаритов изделий. Разбавляют лак смесью толуола или ксилола с уайт-спиритом в соотношении 1 : 1, добавляя разбавитель небольшими порциями при постоянном перемешивании и одинаковой температуре.

Лак АФ-17 — термореактивный, применяется для пропитки подвижных и неподвижных обмоток электрических машин с изоляцией классов А, Е и В, длительно работающих при 105, 120 и 130° С. До пропитки изделия нужно очистить от грязи, пыли и просушить при 120—130° С, а после пропитки и выдержки в воздухе для стекания лишнего лака подвергнуть их сушке сначала при 80—105° С, чтобы все летучие растворители удалились, а затем при 120—130° С, когда производится запечка обмотки. Пропитка лаком производится 2 и 3 раза. При двукратной пропитке изделия сушатся после каждой пропитки в течение 8—10 ч при 120° С, а после третьей пропитки при 120—130° С в течение 16 ч. Разбавляется лак ксилолом.

Лак К-47 — кремнийорганический, имеет высокие свойства по нагревостойкости, диэлектрическим свойствам и твердости. Применяется он для лакировки электротехнической стали и для пропитки обмоток электрических машин, продолжительно работающих при температуре 180° С или в условиях повышенной влажности. Пропитка производится лаком 40-процентной концентрации двукратно с выдержкой на воздухе в течение 3 ч, с последующей термической обработкой при 100—120° С в течение 2—3 ч, а затем при 150—160° С в течение 8—12 ч.

Лак ЭФ-3 — кремнийорганический, обладает высокой нагревостойкостью, диэлектрическими свойствами и хорошей пропитывающей способностью, а после термической обработки становится влагостойким. В зависимости от показателей нагревостойкости лак выпускается двух марок — ЭФ-3БС и ЭФ-3БСУ. Лак применяется для пропитки подвижных и неподвижных обмоток электрических машин, длительно работающих при 180° С. Для машин с более тяжелыми условиями работы рекомендуется применять лак ЭФ-3БСУ. Если для машины требуется повышенная влагостойкость, пропитку производят несколько раз (3—5 раз), причем, в зависимости от габаритов машин, сушку после каждой пропитки производят в течение 8—12 ч. Для разбавления лака применяется смесь бензина и скипидара в соотношениях 1 : 1.

Эмаль ПКЭ-14. Теплостойкая покровная эмаль предназначается для покрытия кистью или методом пульверизации [illegible] и других деталей электрических машин, работающих в специальных условиях (повышенные температура и влажность и т. п.). [illegible] употреблением эмаль разбавляют толуолом до [illegible] 35 *сек* по вискозиметру ВЗ-4 при 20° С [illegible] тонким слоем тол-

[illegible]

* Номера лаков и эмалей, заключенные в скобки, соответствуют прежнему их обозначению.

* Вискозиметр ВЗ-4 по ТУ МХП 2052—49.

шиной не более 50—60 *мк* без натеков и пыли. До покрытия эмалью рекомендуется изделия нагреть до температуры 40—50° С. Покрытые эмалью части должны выдерживаться не менее чем в течение 1 *ч* при 20° С, после чего помещаться в сушильную печь с рециркуляцией воздуха для сушки (табл. 6-1)

Таблица 6-1

Ориентировочные данные сушки

Температура сушки, °С	Продолжительность сушки, *ч*			
	Неподвижные узлы и детали		Вращающиеся части машин	
	мелкий и средний габариты	крупный габарит	мелкий и средний габариты	крупный габарит
110—120	2	4	2	2
185±5	10	12	16	18

При двукратном покрытии сушить первый слой при температуре 185±5° не следует. Если при хранении эмаль загустеет, ее следует разбавить толуолом до требуемой вязкости, добавляя его небольшими порциями при непрерывном помешивании и соответствии температуры разбавителя температуре эмали.

Лак ФЛ-98 (АРБ-1) Термореактивный, представляет собой смесь растворов смол алкидной АК и бутоксирезольно-формальдегидной (РБ) в смеси ксилола и уайт-спирита в соотношении 1 : 1. Лак обладает хорошей цементирующей способностью, хорошо высыхает в глубине изоляции обмоток, масло- и влагостоек. Применяется лак для пропитки обмоток электродвигателей с классом изоляции А и В, работающих в тяжелых условиях. Кроме того, лак может быть применим и для электроизоляционных замазок. Перед пропиткой обмотка должна быть просушена при 105—120° С. Сушат обмотку в печи при 130—140° С в течение 8—18 *ч* в зависимости от габаритов. Пропитки этим лаком производится 2 и 3 раза. Хранить лак следует в чистой, плотно закрываемой таре, предохраняя от попадания солнечных лучей.

Лак К-55 — кремнийорганический, обладает пониженной температурой сушки, высокой нагревостойкостью, диэлектрической, влаго- и грибостойкостью. Применяется лак для пропитки обмоток электродвигателей, работающих до 500 *ч* при температуре до 200° С, а также как покровная защита от влаги и грибковой плесени. Лак также применяется для пропитки провода, применяемого для выводов электрических машин, продолжительно работающих при температуре 150—180° С. При пропитке обмоток этим лаком с целью получения хорошей цементации запечку рекомендуется проводить при температуре не ниже рабочей температуры изделия или на 30—50° С больше этой температуры. Запечку рекомендуется производить ступенчато. Разбавляют лак толуолом небольшими порциями при постоянном перемешивании и температуре толуола, равной температуре лака.

6-3. РАСТВОРИТЕЛИ ЛАКОВ

В зависимости от назначения применяемые изоляционные лаки разжижаются (разбавляются) до требуемой вязкости, для чего применяются растворители, перечисленные в табл. 6-2.

Выбор растворителя далеко не безразличен. Для некоторых лаков растворителем может служить бензин, между тем как при применении для этого бензола лак

Таблица 6-2

Наименование растворителя	Удельный вес, *г/см³*	Температура вспышки, °С	Скорость испарения	Температура кипения, °С	Температура загорания, °С
Бензин . .	0,65—0,78	30	—	50—180	—
Уайт-спирит	0,76—0,79	25	580	140—200	—
Толуол . .	0,86	7	250—550	110	95
Ксилол . .	0,85	23	523	137	—
Скипидар .	0,87	35	252	160	—
Бензол . .	0,88	15	580	80	5
Спирт этиловый ректификат (95—99%) . . .	0,8	18	390	78	117
Керосин . .	0,77—0,81	60	—	110—300	—
Ацетон . .	0,790	17	430	56	—
Спирт этиловый сырец (88—90%) .	0,52	15—25	—	80—90	—

может не раствориться, а только свернется, что приведет к потере им изоляционных свойств.

Разбавитель лака оказывает большое влияние на скорость сушки пропитанных обмоток и строение затвердевшей пленки лака

В тех случаях, когда в качестве разбавителя применяется смесь разбавителей, она должна быть предварительно приготовлена.

При очередном добавлении разбавителя он должен вводиться в лак небольшими дозами при тщательном перемешивании лака деревянной лопаткой, достающей до дна бака. Кроме того, при добавлении разбавителя его температура не должна резко отличаться от температуры лака.

6-4. СЛЮДИНИТОВЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Слюдинитовые электроизоляционные материалы изготавливаются из мелкоразмерной, колотой слюды (мусковит и флогопит), наклеиваемой на бумагу или картон.

Из слюдинитовой бумаги с применением органических и кремнийорганических связывающих составов и подложек из бумаги, тканей и стеклотканей изготавливаются ленточный и прокладочный, гибкий, формовочный и коллекторный слюдиниты, которые обладают целым рядом качеств и преимуществ даже перед соответствующими миканитами.

В зависимости от назначения и условий применения гибкие слюдиниты изготавливаются следующих разновидностей:

1) гибкие стеклослюдинитовые листовые материалы нагревостойкого исполнения. Эти материалы состоят из слюдинитовой бумаги, склеенной кремнийорганическими лаками со стеклотканью толщиной в 0,025; 0,01 и 0,06 *мм*;

2) гибкие слюдинитовые листовые материалы, состоящие из слюдинитовой бумаги, склеенной в листы при помощи битумно-масляного или глифталево-масляного лака. Эти материалы могут быть изготовлены из слюдинитовой бумаги без подложек и с подложками из микалентной или другой бумаги (или стеклоткани)

Гибкий стеклослюдинит на кремнийорганическом лаке обладает высокими электроизоляционными свойствами как в исходном состоянии, так и при кратко-

временном и длительном воздействиях повышенных температур до 220° С, сохраняя при этом высокие электрические характеристики, даже после длительного пребывания в условиях высокой влажности.

Удельное объемное сопротивление как после выдержек материала при температуре 150° С, так и после увлажнения повышается с 10^{13} и 10^{10} до 10^{15} и 10^{12} *ом·см*.

Как показали результаты применения гибких слюдинитовых материалов на электромашиностроительных заводах, они могут быть рекомендованы для пазовой изоляции электродвигателей низкого напряжения; по своим диэлектрическим свойствам они не уступают такой же изоляции, изготовленной из щипаной слюды.

Гибкий слюдинит с бумажными подложками марки ГО-В, ГЧО-В и ГСО-В может применяться взамен микабумаги или гибкого миканита для межвитковых прокладок в секциях статорных обмоток с перегревами по классам А, Е и В.

Гибкие слюдиниты марок ГТО-И и ГО-И в сочетании с электрокартоном могут применяться в качестве пазовой изоляции (коробочек) для всыпных обмоток статоров низковольтных электродвигателей, взамен гибкого миканита, применяемого для электродвигателей с усиленной изоляцией класса А

Гибкие слюдиниты могут быть использованы и для изолировки контактных колец и обмоткодержателей роторов.

Гибкий стеклослюдинит на лаке БТ-95 (бланк. № 441) в сочетании со стеклолакотканью марки СЛТЧ можно применять и для пазовых коробочек всыпных обмоток статоров низковольтных электродвигателей с перегревами по классу изоляции В взамен гибкого стекломиканита и стеклолакоткани.

Слюдинитовая лента марки ЛСЧБ (в рулонах) может быть использована для межвитковых прокладок в статорных секциях низковольтных электродвигателей с перегревом по классам А и В взамен микабумаги, а также для витковой изоляции вместо синтоленты

6-5. ПЛЕНОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Применение пленочных изоляционных материалов при ремонтах и модернизации электродвигателей дает возможность снизить общую толщину изоляции, повысить надежность работы электродвигателей, а при надобности и соответственно повысить их мощность.

Наиболее широко применяются пленки из ацетобутирата и триацетата целлюлозы.

Пленки обладают высокими электроизоляционными свойствами, влагостойкостью и длительно работают при температуре 120° С (триацетатная пленка — изоляция класса Е) и 105° С (ацетобутиратная пленка — изоляция класса А).

Триацетатная пленка применяется в композиции с бумажными подложками для изготовления синтоленты.

Синтолента — в холодном состоянии — гибкий материал, состоящий из одного слоя синтетической триацетатной пленки, склеенной двумя слоями бумаги. Склеивающим веществом служит лак БТ-95 (№ 441). Синтолента служит межвитковой изоляцией в электродвигателях напряжением до 3000 *в*.

Синтофолий применяется в качестве корпусной изоляции статорной обмотки электродвигателей. Синтофолий состоит из одного слоя синтоленты, наклеенной при помощи глифталево-бакелитового лака на телефонную бумагу. Этот материал гибок в нагретом состоянии.

Триацетатная пленка может служить заменителем слюдяных материалов в электродвигателях с изоляцией класса F, но она обладает низкой прочностью на надрыв (см. табл. 6-3).

Таблица 6-3

Свойства триацетатной пленки

Наименование характеристики	Цифровые характеристики
Толщина, *мм*	0,01 и 0,07
Плотность	1,26
Разрывная прочность, *кГ/мм²*	11—12
Удлинение при разрыве, %	15—20
Электрическая прочность, *кв/мм*	120
tgδ:	
а) при 50 *гц*	0,007
б) при 10^6 *гц*	0,006
Удельное объемное сопротивление, *ом·см*:	
а) в сухом виде	10^{15}
б) в среде 90-процентной относительной влажности	10^{12}—10^{13}

Для создания механической прочности пленки применяют в композиции с электрокартоном, который оклеивается пленкой с одной или двух сторон или помещается между двумя слоями. Клеящим веществом служит лак БТ-95 (№ 441).

Такие материалы обладают высокими электроизоляционными свойствами.

Триацетатная пленка может широко применяться в качестве пазовой изоляции асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт* и особенно в электродвигателях влагостойкого исполнения.

Капроновые и нейлоновые пленки. С точки зрения механической прочности наиболее доступными и высокопрочными пленками являются капроновые и нейлоновые пленки

Эти пленки обладают высокой прочностью на надрыв, уступая триацетатным пленкам по электроизоляционным свойствам и влагостойкости

Однако несмотря на указанные недостатки, нейлоновая пленка может применяться в качестве пазовой изоляции асинхронных электродвигателей

Пленка лавсан. Полиэтилентерефталатная пленка под названием лавсан обладает высокими механическими свойствами, большой прочностью на надрыв, высокими диэлектрическими характеристиками и влагостойкостью (см. табл. 6-4).

Таблица 6-4

Основные свойства пленки лавсан толщиной 0,05 *мм*

Электрическая прочность, *кв/мм*:	
а) при комнатной температуре . . .	80—120
б) при температуре 150° С	90—110
Удельное объемное сопротивление при комнатной температуре	10^{16}—10^{19}
tgδ (25° С, 50 *гц*)	0,002—0,006

Лавсан обладает высокой химстойкостью и устойчив к действию органических растворителей (кроме фенольных и хлорфенольных).

Лавсан не обладает высокой коронностойкостью, поэтому для высоковольтных электрических машин пленка не применяется.

В качестве подложки пленки лавсан применяется бумага или картон.

Применение пленки лавсан в асинхронных электродвигателях мощностью до 100 *квт* дает значительный экономический эффект, так как при этом можно увеличить мощность изоляции, повысив мощность и других габаритах.

Электротехнический картон преимущественно употребляется как лазовая изоляция, а также для разного рода прокладок и прослоек.

Электротехнический картон отличается от обычного лучшим подбором сырья, а его высокая плотность достигается применением больших давлений при изготовлении.

Этот вид картона может употребляться как в пропитанном, так и в непропитанном видах.

Для повышения изоляционных свойств картона его пропитывают в олифе или льняном масле. Толщина картона —0,1 —3 мм.

Гибкий миканит (микалента). Гибкий миканит применяется для изоляции пазовой части секций, изоляции паза, обмоткодержателей и т. д. В качестве клеящих применяются лаки, сохраняющие гибкость при нормальной температуре и хранении до 2 мес

Разновидностью гибкого миканита является микалента, применяемая для изоляции проводников и обмоток (см. табл. 6-5).

Таблица 6-5

Толщина микаленты

Обозначения марки	Характеристика	Толщина, мм
ЛМЧ-1 ЛФЧ-1	Микалента, клееная на масляно-битумном (черном) лаке с повышенной электрической прочностью	0,08; 0,1
ЛМЧ-11	То же с нормальной электрической прочностью	0,08; 0,1; 0,13; 0,17
ЛМС-1	Микалента, клееная на масляно-глифталевом лаке (светлом) с повышенной электрической прочностью	0,08; 0,1 0,13
ЛМС-11 БФС-11	То же с нормальной электрической прочностью	0,08; 0,1; 0,13; 0,17

Микалента толщиной 0,08 и 0,1 имеет обклейку только с одной стороны.

Хранится микалента в герметически запаянных жестяных банках при температуре 10—35° С

Замена бумаги стеклянной тканью на нагревостойких лаках дает возможность получить стеклослюдоленту класса Н по нагревостойкости.

Стекломикалента изготавливается из двух слоев стеклоткани, между которыми прокладывается слюда флогопит

Стекломикалента СЛ1ФК-1 бывает толщиной 0,13; 0,15 мм, ЛС2ФК толщиной 0,17; 0,22 мм, а стекломикафолий толщиной 0,2; 0,3 мм

6-6. ПРИПОИ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Любой металл или сплав, служащий припоем для соединения двух или более металлических частей, должен иметь температуру плавления ниже, чем материал спаиваемых деталей.

Припои разделяются на два типа — твердые и мягкие.

В качестве твердых припоев применяются стандартные медно-цинковые припои ПМЦ, а также медно-фосфористые ПМФ7 и ПМФ8; в качестве мягких припоев применяются оловянно-свинцовые припои ПОС.

а) Медно-цинковые припои

Медно-цинковые припои характеризуются высокими температурами плавления и пониженной жидкотекучестью. В табл. 6-6 и 6-7 приведены состав и свойства стандартных медно-цинковых припоев.

Припой ПМЦ-42 применяется для пайки латуни, содержащей 60—68% меди, и специальных латуней с аналогичным содержанием меди, а также для тонкой пайки по бронзе.

Припой ПМЦ-47 применяется для пайки латуни Л62.

ПМЦ-52 применяется для пайки бронзы, меди, латуни Л68, Л80, ЛТ90, железа, нейзильбера и жести.

б) Фосфористо-медные припои

Фосфористо-медными припоями производятся пайки: выводов обмоток, статорных обмоток, круглых проводников и шин петушков в фазных роторах, стержней беличьих клеток в короткозамкнутых роторах, кабельных наконечников и других аналогичных деталей.

Фосфористо-медные припои, имея все положительные качества оловянистых припоев, лишены их недостатков. Они в 5—6 раз повышают прочность соединений, делают их в 2,5—3 раза устойчивее при высокой температуре, облегчают возможность проверки качества пайки и упрощают весь технологический процесс производства соединения.

В практике пайки наилучшие результаты дает припой ПМФ-7 и ПМФ-8 со свойствами, приведенными в табл. 6-7.

Таблица 6-7

Марка	Содержание меди (Cu), %	Содержание фосфора (P), %	Температура плавления, °С	Удельный вес, г·см³	Прочность припоя не менее, кГ/мм²
ПМФ-7	93	7	710	8,5	18
ПМФ-8	92	9	700	—	—

Способы нагревания соединяемых частей и расплавления припоя разнообразны. Пайку можно производить разогревом по методу сопротивления сварочными трансформаторами, контактными машинами или пламенем вольтовой дуги. Для пайки различных по форме изделий применяют приспособления в виде щипцов (рис. 4-41)

Преимущество электроконтактной пайки состоит в том, что она допускает значительно бо́льшую степень механизации, чем пайка с прутка, и требует менее квалифицированной рабочей силы.

Таблица 6-6

Медно-цинковые припои

Наименование медно-цинкового припоя	Марка	Содержание Cu (медь), %	Содержание Zn (цинк)	Удельный вес, г·см³	Температура плавления С° ликвидус,	Температура затвердевания С° солидус,	Удельное сопротивление, ом·мм², (м—10³)	Предел прочности при растяжении, кГ/мм²
42	ПМЦ-42	40÷45	Остальное	8,1	849	833	10	3
47	ПМЦ-47	45÷49	То же	8,2	[illegible]	[illegible]	6	21
[illegible]	ПМЦ-[illegible]	[illegible]	» »	8,5	[illegible]	876	[illegible]	26

Для производства электроконтактной пайки необходимо, чтобы фосфористо-медный припой был в виде тонких пластин.

в) Оловянно-свинцовые (мягкие) припои

К мягким припоям, предназначенным для пайки узлов электрических машин, предъявляются следующие требования: механическая прочность и малое электрическое сопротивление места спая; стойкость против коррозии и по возможности низкое содержание олова. Припой для лужения деталей, которые впоследствии подвергаются пайке, должен обладать хорошей растекаемостью, обеспечивающей наименьшую толщину покрытия.

Мягкие (оловянно-свинцовые) припои состоят из следующих марок ПОС-90, ПОС-61, ПОС-50, ПОС-40, ПОС-30, ПОС-18, ПОС-4—6.

В табл. 6-8 указаны составы оловянно-свинцовых припоев.

Температура плавления припоя имеет важное значение, от нее зависят технология пайки и возможность пайки.

Наиболее низкой температурой плавления обладает ПОС-61, содержащий 61% олова. Этот припой применяется, когда при пайке нельзя перегревать спаиваемые детали, например весьма тонкие провода.

Припой ПОС-30 и ПОС-40 в большинстве случаев обладает наибольшей прочностью и в этом отношении превосходит припой ПОС-61 и чистое олово. Таким образом, для наибольшей прочности шва, т. е. для пайки обмоток, проволочных бандажей и др., следует применять ПОС-30 и ПОС-40, но не ПОС-61.

ПОС-18 при пайке в стык дает более высокую прочность спайки, чем ПОС-30 и ПОС-40. ПОС-18 можно применять вместо ПОС-40 в тех случаях, когда температура плавления припоя имеет решающее значение.

Область применения оловянно-свинцовых припоев. Олово и оловянно-свинцовые припои широко применяются для паек соединений обмоток электрических машин (см. табл. 6-9).

г) Припои для пайки алюминиевых проводов

При необходимости соединений алюминиевых проводов или жил методом пайки следует применять припои, которые обладают следующими особенностями:

1) легко облуживают поверхность алюминия и хорошо растекаются по ней;

Таблица 6-8

Припои оловянно-свинцовые (по ГОСТ 1499-54)

Наименование припоя	Марка припоя	Химический состав, %					
		Основные компоненты			Температура плавления, °С		Удельный вес г·см³
		олово	сурьма	свинец	верхняя критическая точка (начало кристаллизации)	нижняя критическая точка (начало расплавления, конец затвердевания)	
Олово чистое	0,1	100	—	—	232	232	7,30
Припой оловянно-свинцовый	ПОС-90	89—90	Не более 0,15	Остальное	222	183	7,6
То же	ПОС-61	59—61	Не более 0,8	»	195	183	8,4
»	ПОС-50	49—50	Не более 0,8	»	209	183	8,87
»	ПОС-40	39—40	1,5—2,0	»	235	183	9,3
»	ПОС-30	29—30	1,5—2,0	»	256	183	9,7
»	ПОС-18	17—18	2,0—2,5	»	277	183	10,2
»	ПОСС-4-6	3—4	5—6	»	265	245	10,7

Таблица 6-9

Марка припоя	Применение	[illegible]
Олово 01	Для полуды и пайки соединений обмоток электромашин с изоляцией на основе кремнийорганических соединений	Канифоль в порошке или растворенная в этиловом спирте
ПОС-61	Для ответственных паек узлов крупных электрических машин постоянного тока (коллекторов, обмоток), возбудителей турбогенераторов, машин прокатных агрегатов и машин специального назначения	То же
ПОС-40	Для пайки внутренних соединений [illegible] ческих машин, а также для [illegible] машин	» »
ПОС-30	Для лужения под пайку концов [illegible] пластин, петушков, бандажной [illegible] подшипников и пайку соединений обмоток	» »
ПОС-18	Для лужения и пайки труб [illegible] машин нормального исполнения [illegible] ПОС-40, ПОС-30	[illegible]

2) устойчивы в отношении коррозии, особенно при наличии влаги в окружающей среде;

3) удовлетворяют нормам на разрыв;

4) не содержат дефицитных компонентов.

Для применения могут быть рекомендованы следующие припои:

1. Припой марки ВЭИ-ЦО-43 с рабочей температурой пайки 475—500° С, состоящий из следующих компонентов: олово 40%, цинк 58,5%, медь 1,5%. Этот припой обладает способностью к облуживанию не только алюминия, но и меди, хорошей стойкостью по отношению к коррозии, хорошими механическими свойствами, средней по величине температурой плавления и небольшим количеством компонентов.

Припой изготовляется следующим образом.

В графитовый или шамотный тигль с электрическим или горновым нагревом, в чугунный или стальной котелок загружают олово; температуру нагрева доводят до 250° С, затем вводят цинк и температуру сплава повышают до 425° С; после этого загружают медь и температуру сплава доводят до 500° С; припой разливают в отрезки кровельной стали, изогнутой в виде уголка.

2. Кадмиевый припой с рабочей температурой пайки 250—275° С, состоящий из следующих компонентов: олово 35%, цинк 39%, кадмий 24,5%, сурьма 0,5%, свинец 1%. Этот припой отличается легкоплавкостью и может быть рекомендован для облуживания и пайки алюминиевых проводов, где исключается возможность перегрева (токи короткого замыкания).

Кадмиевый припой изготовляют следующим образом: сначала загружают цинк и его температуру доводят до 600° С, затем вводят кадмий и температуру сплава повышают до 700° С; после этого вводят олово, сурьму и свинец и температуру сплава снижают до 500° С, после чего припой разливают в формы.

3. Припой марки Б с рабочей температурой пайки около 600° С, состоящий из компонентов: медь 8%, алюминий 12%, цинк 80%. Этот припой отличается способностью легко схватываться с алюминием, но его температура плавления повышенная и при пайке легко застывает, что затрудняет работу с ним.

4. Припой марки ЦА-15 с рабочей температурой около 500° С, состоящий из компонентов: цинк 85%, алюминий 15%. Этот припой безоловянистый и применяется для соединения алюминиевых жил в муфтах, заполненных компаундной массой, т. е. не подверженных действию воздуха и влаги.

5. Припой марки ЦО-12 (малооловянистый) с рабочей температурой около 450° С, состоящий из компонентов: олово 12% и цинк 88%, и применяется для лужения алюминиевых проводов, соединяемых с медными.

6. Припой марки ЗЧА, состоящий из компонентов: алюминий 65—70%, медь 25—30% и кремний 4—7%, применяется припой для пайки ответственных соединений алюминиевых проводников.

7. Припой для пайки алюминия, состоит из 67% алюминия, 12% меди и 21% олова.

8. Припой для пайки меди к алюминию, состоит из компонентов: кадмий 24%, олово 36% и цинк 40%.

После облуживания алюминиевых жил оловянистыми припоями пайка места соединения может быть произведена и обычными припоями ПОС-18, ПОС-30 и ПОС-40, применяемыми для пайки меди.

Приготовление припоя производится сплавлением отдельных металлов, входящих в состав припоя, в ковшах или тиглях. Первым расплавляют более легкоплавкий, а смесь хорошо размешивают.

При пайке алюминия следует обратить особое внимание на удаление пленки окиси алюминия, поэтому пайку следует производить тотчас же после очистки поверхности спая.

Во избежание окисления сплава в процессе приготовления припоя сплав следует посыпать слоем древесного угля толщиной 10—15 *мм* с зернами 5—10 *мм*. После окончания изготовления сплава следует тигль или котелок закрыть металлической или асбестовой крышкой, открывая ее только для загрузки и выгрузки припоя или в момент перемешивания сплава. Каждый последующий компонент необходимо вводить в сплав не сразу, а в несколько приемов.

Перед введением каждого нового компонента и после его введения (до момента расплавления) сплав надо перемешивать стальным прутком или деревянной лопаткой.

До начала пайки хомутики и провод должны быть тщательно очищены от оксидной пленки стальной проволочкой, щеткой и ершом и облужены припоем ВЭИ-ЦО-43 (А) или кадмиевым, а затем припоем ПОС-30.

Торец провода смазывается тонким слоем флюса ВАМИ, состоящего из 50—55% хлористого кальция, 30—35% хлористого натрия, 10—20% криолита, разведенного до сметанообразного состояния.

6-7. ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ (ШАРИКОПОДШИПНИКИ И РОЛИКОПОДШИПНИКИ)

Подшипники качения характеризуются следующими параметрами:

а) внутренним диаметром подшипника или втулки (от 20 *мм* и выше);

б) серией подшипника — сверхлегкая, особо легкая, легкая, средняя, тяжелая;

в) типом подшипника — радиальный шариковый, радиальный шариковый сферический (самоустанавливающийся), радиальный с короткими цилиндрическими роликами, радиально-упорный шариковый, роликовый конический, упорный шариковый, упорный роликовый;

г) классом точности подшипника — повышенной (П), промежуточный (ВП), высокий (В), промежуточный (АВ), особо высокий (А), промежуточный (СА), сверхвысокий (С);

д) конструктивными особенностями подшипника.

Характеристика основных типов подшипников качения и область их применения

Шарикоподшипники радиальные однорядные применяются в электродвигателях небольшой мощности и других машинах. Они способны к восприятию радиальной, а также осевой нагрузки, действующей в обе стороны по оси вала. Величина осевой нагрузки не должна превышать 70% от неиспользованной части допустимой радиальной нагрузки.

Они хорошо работают при условии обеспечения максимальной соосности вала и корпуса подшипника. Допустимый перекос внутреннего кольца по отношению к внешнему не превышает 15 (15 *мин*).

Роликоподшипники радиальные с короткими цилиндрическими роликами применяются в электродвигателях средней и большой мощности. Эти подшипники имеют разборную конструкцию, что облегчает их монтаж. Они приспособлены к восприятию только радиальной нагрузки и не допускают относительных перекосов внутреннего и наружного колец.

Различные исполнения этих подшипников имеют на внутреннем кольце один или два борта или приставное упорное кольцо, служащие для фиксации вала в одном или обоих направлениях.

Шарикоподшипники радиально-упорные предназначены для восприятия комбинированных нагрузок — радиальных и осевых. Они применяются в узлах с жесткими двухопорными валами (электродвигатели, червячные редукторы и др.).

Шарикоподшипники упорные предназначены для восприятия осевой нагрузки в одном направлении (одинарные подшипники) или в обоих направлениях (двойные подшипники).

Смазочные масла для подшипников скольжения и качения их характеристики и область применения указаны в табл. 6-10.

Таблица 6-10

Смазочные масла для подшипников электромашин

Наименование и марка смазочных масел	ГОСТ или ТУ	Применение	Вязкость по Энглеру при 50° С не более	Заменители
А. Для подшипников скольжения с кольцевой смазкой				
Индустриальное 30 (машинное Л)	ГОСТ 1707-51	При скорости вращения до 1 000 *об/мин*	3,5—4,5	1. Автол 4 (ТУ 375-51) 2. Смесь: машинное С (ГОСТ 1707-51) и веретенное 2 или 3 (ГОСТ 1707-51) 3. Машинное С (ГОСТ 1707-51)
Индустриальное 20 (веретенное 30)	То же	При скорости вращения 1 000 *об/мин*	2,5—3,3	1. Автол 4 2. Смесь: индустриальное 20 и 45 (машинное Л или С) и индустриальное 12 (веретенное 2) ГОСТ 1707-51 3. Смесь: индустриальное 20 (машинное Л) и соляровое (ГОСТ 1666-51)
Б. Для подшипников качения (универсальные смазки)				
Оссоголин II		При скорости вращения до 1 500 *об/мин*		
Оссоголин III		Для крановых электродвигателей		
Универсальная тугоплавкая смазка УТ-1 (консталин жировой)	ГОСТ 1957-52	Для электродвигателей до 3 000 *об/мин* с рабочей температурой до 115° С		
Универсальная среднеплавкая смазка УС-2 (солидол жировой Л)	ГОСТ 1033-51	Для легко нагруженных подшипников при 50° С		
То же	То же	Для средне нагруженных подшипников при рабочей температуре до 60° С		

6-8. ЩЕТКИ ДЛЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Щетки применяются в асинхронных электродвигателях с фазным ротором (с контактными кольцами).

Таблица 6-11

Наименование щеток	Марка	Номинальная плотность [illegible]	Максимальная окружная скорость, *м/сек*	Удельное нажатие, *Г/см²*	Переходное падение напряжения на пару щеток при номинальном токе и скорости $w = 15$ *м/сек*, *в*	Удельное электрическое сопротивление, *ом·мм²/м*
Графитные	Г1	7	12	200—250	2,2 ± 0,5	30—40
	Г2	8	15	200—250	1,7 ± 0,5	25—30
	Г3	10—11	25	200—250	1,9 ± 0,4	10—20
	Г6	9	18	200—250	2,2 ± 0,6	[illegible]
	Г8	11	25	200—300	1,9 ± 0,4	10—20
	Г58	9	25	175—200		20—30
Медно-графитные	МГ	20	20	180—230	0,[illegible] ± 0,1	0,05—0,15
	МГ2	20	20	180—230	0,[illegible] ± 0,2	0,15—0,[illegible]
	МГ4	15	20	200—250	1,1 ± 0,5	0,[illegible]—1,3
	МГ6	18	20	200—250	1,0 ± 0,4	0,[illegible]—1,3
Бронзо-графитные	БГ	20	20	170—220	0,3 ± 0,1	0,5—0,9

Выбор марки щеток производится в зависимости от различных условий работы машины: от плотности тока, допустимой окружной скорости и др.

Для тяжелых колен применяют в основном графитные, медно-графитные и бронзо-графитные щетки. Технические характеристики этих щеток (по ГОСТ 2332-43) даны в табл. 6-11, а стандартные размеры — в табл. 6-12.

Таблица 6-12

Размеры щеток (ГОСТ 8611-57)

Ширина b (по направлению оси коллектора), мм	Длина l (по направлению), мм	Высота h (по радиусу коллектора или контактного кольца), мм	Ширина b мм	Длина l, мм	Высота h, мм
4	5	12,5			
	10	16			
5	6,5	12,5; 16		16	25; 32
	8	12,5; 16; 20		20	32; 40
				25	40; 50
	10	25	12,5		
	12,5	32		32	40; 50; 65
				40	50; 65
				50	50; 65
6,5	8	20; 25			
	10	16; 20; 25			
	12,5	20; 25; 32		20	32; 40
	16	25; 32		25	32; 40; 50
	20	25; 32		32	40; 50; 65
			16	40	50; 65
	10	20; 25; 35		50	50; 65
	12,5	25; 32			
8	10	25; 32			
	20	25; 32		25	40; 50
	25	40; 50	20	32	40; 50; 65
	32	50; 65		40	50; 65
				50	50; 65
	12; 5	20; 25; 32			
10	16	25; 32			
	20	20; 32; 40		32м	40; 50; 65
	25	32; 40; 50	25	40	50; 65
				50	65
	32	50; 65			
			32	40	50; 65
				50	50; 65

6-9. ОБМОТОЧНЫЕ ПРОВОДА

Обмоточные провода различаются (в зависимости от применяемой изоляции) на проводах: 1) изоляцией из хлопчатобумажной пряжи и бумаги; 2) с изолированной эмалью; 3) эмалированные с дополнительной изоляцией; 4) неэмалированные повышенной нагревостойкости. Марки и характеристики изоляции проводов приведены в табл. 6-13.

Толщина изоляции обмоточных круглых и прямоугольных проводов дана в приложении к XXII.

Размеры и вес обмоточного круглого провода наиболее употребительных марок ПЭЛБО и ПБД даны в табл. 6-14.

При замене одного круглого проводника двумя более тонкими диаметр этого проводника должен быть уменьшен в 1,41 раза, например, если по расчету диаметр проводника должен быть 1,3 мм, то вместо него можно взять два параллельных проводника диаметром

Таблица 6-13

Обмоточные провода

Классификация основных типов медных обмоточных проводов

Марка	Характеристика изоляции проводов	Нагревостойкость изоляции, °С
	А. Провода с изоляцией из хлопчатобумажной пряжи и бумаги	
ПБОО	Один слой обмотки из хлопчатобумажной пряжи и оплетка из хлопчатобумажной пряжи	95
ПБД	Два слоя обмотки из хлопчатобумажной пряжи	95
	Б. Провода, изолированные эмалью	
ПЭВ-1	Высокопрочная однослойная эмаль (винифлекс)	110
ПЭВ-2	То же двухслойная	110
ПЭВ-II	То же (прямоугольный провод)	110
ПЭЛР-2	Двухслойная высокопрочная полиамидная эмаль	110
	В. Эмалированные провода с дополнительной изоляцией	
ПЭЛБО	Лакостойкая эмаль и один слой обмотки из хлопчатобумажной пряжи	95
ПЭЛКО	То же, но с утолщенной пряжей капрон	95
ПЭЛШО	Лакостойкая эмаль и один слой обмотки из шелковой пряжи	95
ПЭЛШКО	То же, но из пряжи капрон	95
ПЭЛШД	Лакостойкая эмаль и два слоя обмотки из шелковой пряжи	95
ПЭЛШКД	То же, но из пряжи капрон	95
ПЭТСО	Нагревостойкая эмаль и один слой оплетки из стекловолокна	125
	Г. Неэмалированные провода повышенной нагревостойкости	
ПДА	Изоляция из дельта-асбеста	130
НСД	Два слоя обмотки из стеклянного волокна	150

1,3 : 1,41 = 0,92 мм каждый. Этот размер проверяют по табл. 6-15 и берут ближайший стандартный диаметр 0,93 мм. При замене одного проводника двумя более тонкими различного сечения пользоваться данными табл. 6-15 (сечение провода равно $0{,}785\,d^2$).

6-10. ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (БУМАГА, ТКАНИ, ПЛЕНОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ)

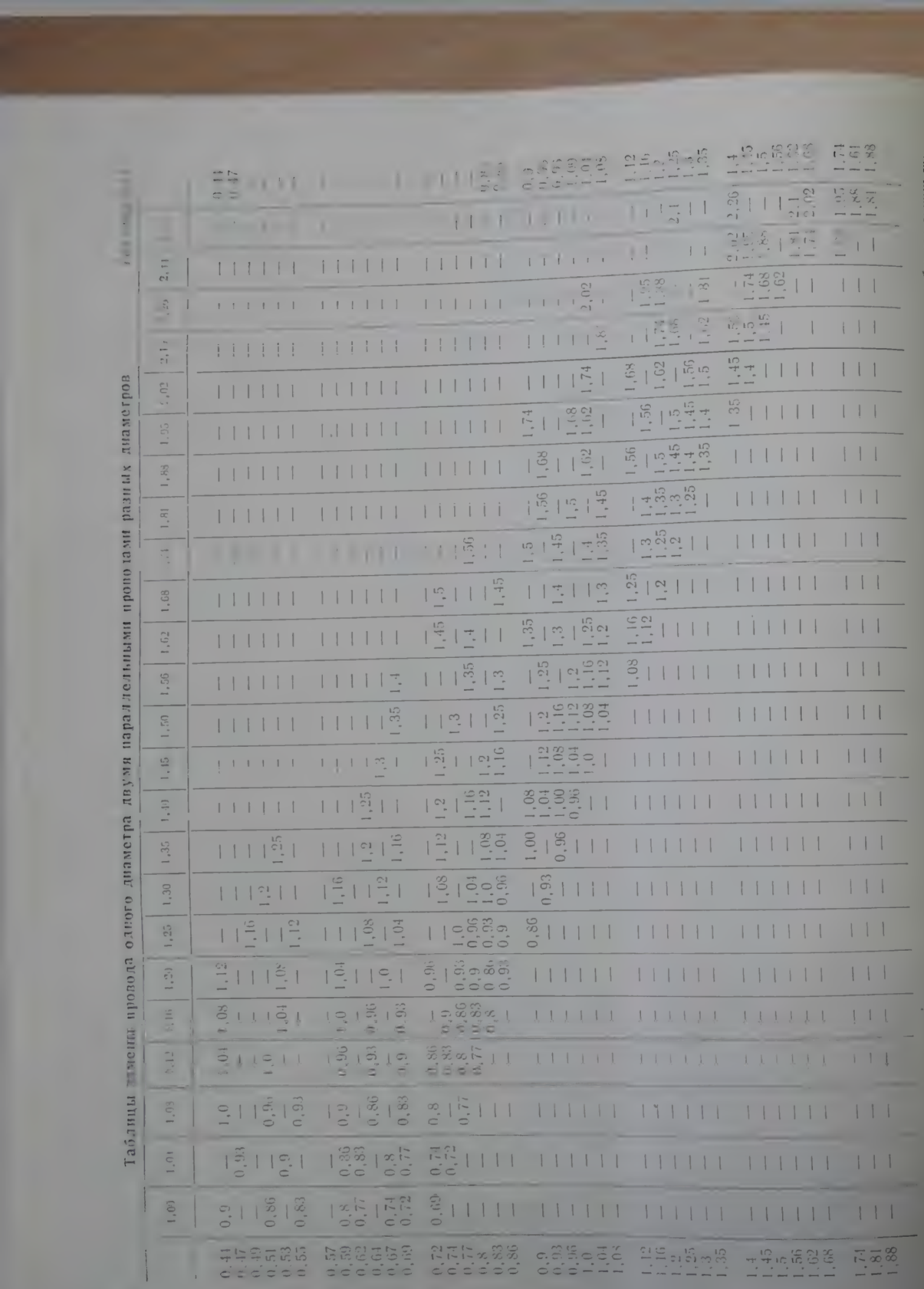
Электроизоляционные материалы играют большую роль в обеспечении надежности работы электродвигателя и его долговечности. Поэтому выбору электроизоляционных материалов при перемотке машины должно быть уделено должное внимание. Для этого требуется знание качеств и характеристик применяемой изоляции.

Ниже в табл. 6-16—6-20 даны характеристики и область применения следующих основных электроизоляционных материалов: бумаги, картона, хлопчатобумажных лент, лакоткани и пленок.

Таблица 6-14

Размеры и вес обмоточного круглого провода

Голый провод		ПЭЛБО			Голый провод		ПБД		
Диаметр d_1, мм	Сечение q_1, мм²	Диаметр с изоляцией $d_{из}$, мм	Сечение с изоляцией $q_{из}$, мм²	Вес, г/м	Диаметр d_1, мм	Сечение q_1, мм²	Диаметр с изоляцией $d_{из}$, мм	Сечение $q_{из}$, мм²	Вес, г/м
0,2	0,0314	0,325	0,0829	0,313	0,83	0,541	1,05	0,965	4,8
0,21	0,0346	0,335	0,0881	0,374	0,86	0,581	1,08	0,916	5,16
0,23	0,0416	0,355	0,0989	0,437	0,90	0,635	1,12	0,985	7,6
0,25	0,0491	0,375	0,110	0,508	0,93	0,673	1,15	1,038	6,04
0,27	0,0573	0,425	0,142	0,595	0,96	0,733	1,18	1,093	6,4
0,29	0,0661	0,445	0,155	0,676	1,0	0,785	1,27	1,266	6,98
0,31	0,0755	0,47	0,174	0,77	1,04	0,85	1,31	1,347	8,1
0,33	0,096	0,51	0,201	0,97	1,12	0,99	1,39	1,517	9,3
0,38	0,113	0,545	0,233	1,13	1,16	1,06	1,43	1,606	9,98
0,41	0,132	0,575	0,259	1,3	1,2	1,13	1,47	1,697	10,66
0,44	0,152	0,605	0,287	1,486	1,3	1,33	1,57	1,935	12,46
0,47	0,173	0,635	0,316	1,684	1,35	1,44	1,62	2,061	13,4
0,49	0,189	0,655	0,336	1,83	1,4	1,54	1,67	2,190	14,4
0,51	0,204	0,68	0,363	1,98	1,45	1,65	1,72	2,232	15,47
0,53	0,221	0,70	0,385	2,13	1,5	1,77	1,77	2,460	16,5
0,55	0,238	0,72	0,407	2,3	1,56	1,91	1,83	2,630	17,8
0,57	0,255	0,74	0,430	2,45	1,62	2,06	1,89	2,805	19,15
0,59	0,273	0,76	0,453	2,62	1,68	2,22	1,95	2,986	20,55
0,62	0,302	0,79	0,490	2,88	1,74	2,38	2,01	3,173	22,0
0,64	0,322	0,81	0,515	3,07	1,81	2,57	2,09	3,430	23,9
0,67	0,353	0,84	0,554	3,35	1,88	2,77	2,15	3,630	25,6
0,69	0,374	0,86	0,580	3,54	1,95	2,99	2,22	3,870	27,5
0,72	0,407	0,90	0,636	3,85	2,02	3,2	2,29	4,118	29,5
0,74	0,430	0,92	0,664	4,06	2,1	3,46	2,37	4,411	31,85
0,77	0,466	0,95	0,708	4,40	2,26	4,01	2,59	5,268	36,90
0,80	0,507	0,98	0,754	4,75	2,44	4,67	2,77	6,026	42,9
0,83	0,541	1,01	0,801	5,09	3,63	5,44	2,96	6,881	49,8
0,86	0,581	1,04	0,849	5,6	2,83	6,29	3,16	7,842	57,5
0,90	0,635	1,08	0,916	5,97	3,05	7,31	3,38	8,972	65,7
0,93	0,673	1,11	0,967	6,36	3,28	8,15	3,61	10,235	76,95
0,96	0,733	1,14	1,020	6,76	3,53	9,8	3,86	11,702	88,96
1,0	0,785	1,21	1,149	7,37	3,8	11,3	4,13	13,396	102,89
1,04	0,85	1,25	1,227	7,96	4,1	13,2	4,43	15,413	119,8
1,08	0,92	1,29	1,306	8,56	4,5	15,9	4,83	18,322	143,9
1,12	0,99	1,33	1,389	9,2	1,8	18,1	5,13	20,669	163,5
1,16	1,06	1,37	1,474	9,84	5,2	21,2	5,53	24,018	191,8
1,2	1,13	1,41	1,561	10,5	1,25	1,23	1,52	1,82	11,6
1,25	1,23	1,46	1,674	11,4	—	—	—	—	—
1,3	1,33	1,51	1,790	12,3	—	—	—	—	—
1,35	1,44	1,56	1,911	13,25	—	—	—	—	—
1,4	1,54	1,61	2,035	14,23	—	—	—	—	—
1,45	1,65	1,66	2,164	15,23	—	—	—	—	—
1,5	1,77	1,71	2,296	16,3	—	—	—	—	—
1,56	1,91	1,77	2,460	—	—	—	—	—	—



Примечание. При укладке проводов, диаметр которого указан в верхнем горизонтальном ряду двумя другими, один круг из вертикального столбца под данным диаметром, второй по горизонтали вправо (или вправо в последнем столбце). **Пример.** Проводник Ø 1,3 мм заменяется Ø 1,0+Ø 0,53.

Таблица 6-16

Изоляционные бумаги

Тип бумаги	Марка бумаги толщина	Отклонения по толщине, мм	Объемный вес, г/см³ (не менее)	Разрывное усилие при ширине полоски 15 мм, кГ (не менее)		Удлинение при разрыве, % (не менее)		Число двойных перегибов в продольном и поперечном направлениях	Область применения в электрической изоляции
				в продольном направлении	в поперечном направлении	в продольном направлении	в поперечном направлении		
Кабельные	К-08*	+0,005	0,7	9	4,5	2	6	2 000	Кабели с пропиткой маслом или масляной канифольной массой
	К-12*	+0,007	0,7	16	7	2	6	2 000	
	К-17*	+0,01	0,7	22	11	2	6	2 000	
Телефонная	КТ**	±5%	0,82	5,5	2,4	2	4	500	Телефонные кабели и в производстве микафолия и слюдинита
Пропиточная	0,12 мм	±0,01 мм	0,5—0,6	6,0	3,0	—	—	—	Для изготовления слоистых изоляционных материалов
Намоточные	0,50	±2,5	0,75	3,2	2,0	—	—	320	Для изготовления намоточных изоляционных изделий (трубки, цилиндры)
		±3,5	0,75	4,5	2,7	—	—	320	
Микалентные	0,02 мм	—	—	3,1	1,01	2,16	2,1	—	Для наклейки листочков слюды при изготовлении слюдинита
Оклеечная для стали	0,033 мм	±0,005	0,7	1,5	—	—	—	—	Для склейки электротехнической стали магнитопроводов

* Цифры 08, 12, 17 в обозначениях марок кабельных бумаг указывают толщину бумаги в сотых долях миллиметра.
** Телефонная бумага изготовляется толщиной 0,05 мм.

Таблица 6-17

Картоны

Наименование	Марка	Область применения	Толщина, мм	Ширина	Электрическая прочность после одного перегиба, кв/мм	Максимальная рабочая температура, °С
Картон электроизоляционный, целлюлозный	ЭВ (работающий в воздухе)	Для изоляции пазов электрических машин и катушек и изготовления каркасов в электрических аппаратах	0,1—3	Ролевой шириной 1 м	8—10	95
То же тряпичный	ЭВТ (работающий в воздухе)	То же	0,1—3	—	8—10	95
То же	ЭМ (работающий в воздухе и масле)	В масляных трансформаторах	0,5—3	Листы 0,9×1 м 0,85×1,1 м 1,85×3,6 м	17—19	95
Картон асбестовый	А и АС	Термоизоляционный и электроизоляционный материалы	2—12	0,9—1 м	1—3	300—400

Таблица 6-18

Хлопчатобумажные ленты

Наименование	Толщина, мм	Ширина, мм	Отклонение по ширине, мм	Разрывное усилие, кГ	Область применения
Тафтяная	0,25+0,02	10, 12, 15	±0,5 ±1,0	9, 11, 13	В непропитанном виде для бандажировки катушек и секций обмотки Пропитанная масляными и асфальтовыми лаками для изоляции полюсных и аппаратных катушек
		20, 25, 30 35, 40, 50	±1,5 ±2,0	16, 18, 21 23, 26, 32	
Киперная	0,45—0,02	10, 12, 15	±0,5 ±1,0	14, 17, 21	То же
		20, 25, 30 35, 40	±1,5 ±2,0	26, 32, 37 43, 48	
Миткалевая	0,22+0,02	12, 16, 20 25, 30, 35	±0,5 ±1,0 ±1,5 ±2,0	12, 16 19, 23, 27 31	То же
Батистовая	0,18+0,02	12, 16, 20	±0,5 ±1,0 ±15	8, 11, 13	В пропитанном виде для изоляции секций и малогабаритных машин

Примечания: 1. Киперные хлопчатобумажные ленты, вырабатываемые из суровой хлопчатобумажной пряжи, применяются для изоляции полюсных и аппаратных катушек. В этом случае они пропитываются масляно-асфальтными лаками. Кроме того, киперная лента, не пропитанная лаками, применяется как временная, скрепляющая (бандажная) лента при компаундировке катушек и секций обмоток.

2. Тафтяная и миткалевая ленты применяются в тех случаях, что и киперная.

3 Батистовая лента, обладающая наименьшей толщиной применяется в пропитанном (лаками и компаундами) виде для изолировки катушек и секций в малогабаритных машинах и аппаратах.

Все ленты используются для изоляции обмоток, катушек и в качестве верхнего защитного (от механических воздействий) слоя, который подвергают пропитке электроизоляционными лаками и жидкими составами.

Таблица 6-19

Лакоткани

Марка	Применяемый лак	Толщина, мм	Отклонения по толщине, мм	Предел прочности при растяжении, кГ/мм²: по основе	Предел прочности при растяжении, кГ/мм²: по диагонали	Характеристика	Электрическая прочность после перегиба (среднепробивное напряжение, кв/мм)
А. Светлые на хлопчатобумажной основе							
ЛХ1	Масляный светло-желтого цвет	0,15; 0,17; 0,20	±0,02	3,0—4,5	1,8—2,5	Нормальная с повышенными диэлектрическими свойствами	18—18,3
		0,24	±0,03				
ЛХ2		0,15	±0,02				
		0,17	±0,03	2,5—4,0	1,8—2,5	Нормальная	15—16
		0,20; 0,24					
		0,30	±0,04				
ЛХМ		0,17; 0,20					
		0,24	±0,03	3,0—4,5	1,8—3,0	Маслостойкая	18,3
ЛХС		0,17; 0,20	±0,03	3,0—4,5	1,8—2,5	Специальная	15—17,7

Продолжение табл. 6-19

Марка	Применяемый лак	Толщина, мм	Отклонения по толщине, мм	Предел прочности при растяжении, кГ/мм²: по основе	Предел прочности при растяжении, кГ/мм²: по диагонали	Характеристика	Электрическая прочность после перегиба (среднепробивное напряжение, кв/мм)
Б. Светлые на шелковой основе							
ЛШ-1		0,10; 0,15	±0,015	2,0—2,5	1,5—2,0	Нормальная с повышенными диэлектрическими свойствами	42
ЛШ-2		0,08	±0,02	2,0—2,5	1,5—2,0		
		0,10; 0,12	±0,03			Нормальная	30
ЛШС-1		0,15 0,12	±0,02	2,0—2,8	1,5—2,2	Специальная с повышенными диэлектрическими свойствами	47,5
ЛШС-2		0,12	±0,025	2,0—2,8	1,5—2,2	Специальная	33,0
ЛШС		0,04	±0,005	2,0—2,5	1,5—2,0	Специальная тонкая	15,0
		0,05—0,06	±0,01				
В. Светлые на стеклянной основе							
СЛТ-3		0,15	±0,02				
		0,17	±0,03	2,5—4,0	1,8—2,5	Нормальная	15—16
		0,20	±0,04				
		0,24	±0,04				
Г. Черные на хлопчатобумажной и стеклянной основе							
ЛХЧ-1	Лак черный асфальтовый	0,17; 0,20	±0,02	3,0—4,5	1,8—2,0	Нормальная с повышенными диэлектрическими свойствами и влагостойкостью	26,0—26,5
		0,24	±0,03				
ЛХЧ-2		0,17; 0,20	±0,02	3,0—4,5	1,8—2,0	Нормальная с повышенной влагостойкостью	18,0—19
		0,24	±0,03				
ЛХЧ-3		0,20; 0,24; 0,30	±0,02 ±0,03	3,0—4,5	1,8—2,0	То же (на шифоне)	15,5
Стеклолакоткани	Лак № 10 ВЭН черный	0,11	±0,15				
		0,12	±0,02				
		0,13	±0,03	2,5—7,0	2,0—4,0		20—30
		0,15; 0,17	±0,04				
		0,20; 0,25	±0,05				

Таблица 6-20

Пленочные материалы

Наименование пленок	Толщина, мм	Допуск по толщине, мм	Температура размягчения, °С	Предел прочности при растяжении, кг/см²
Полистирольные	0,002—0,1	—	80—84	600—800
Ацетилцеллюлозные	0,085	±0,015	100—110	500—600
Триацетат-целлюлозные	0,01—0,07	—	130—170	800—1 000
Односторонний пленкоэлектрокартон (электрокартон ЭВП, склеенный с триацетатной пленкой)	0,2	±0,02	—	700—900 (вдоль рулона)
	0,3	0,02	—	500—600 (поперек рулона)
	0,4	±0,03	—	

Пленочные электроизоляционные материалы выпускаются в рулонах.

Таблица 6-21

Сортамент листовой электротехнической стали

Марка стали	Основные размеры, мм			Метод проката
	Толщина	Ширина	Длина	
Э11	1,0	750	1 500	Горячекатаная
	1,0	860	1 720	
	1,0	1 000	2 000	
Э11, Э12, Э21	0,5	600	1 200	Горячекатаная
	0,5	670	1 340	
	0,5	750	1 500	
	0,5	860	1 720	
	0,5	750	1 500	
Э31	0,5	750	1 500	Горячекатаная
	0,5	860	1 720	
	0,5	1 000	2 000	
Э31, Э34, Э41, Э42, Э44, Э45, Э46, Э47, Э48	0,35	750	1 500	Горячекатаная
Э41, Э42 и Э43	0,35	1 000	2 000	Горячекатаная
	0,5	750	1 500	
	0,5	860	1 720	
	0,5	1 000	2 000	
Э44, Э45, Э46 Э47 и Э48	0,10	700	1 400	Горячекатаная
	0,10	700	1 720	
	0,15	700	1 400	
	0,15	700	720	
	0,20	700	1 400	
	0,20	700	720	
Э310, Э320, Э330	0,5	600	1 500	Холоднокатаная
	0,5	750	1 500	
	0,35	240	1 500	
	0,35	750	1 500	
Э340, Э370	0,20	240	1 500	Холоднокатаная
	0,35	240	1 500	
	0,35	750	1 500	

Примечание. Первые цифры в обозначении марок стали означают степень легирования кремнием: 1 — слаболегированная, 2 — среднелегированная, 3 – повышенно легированная, 4 — высоколегированная. Вторые цифры в обозначении марок стали указывают на наличие гарантий магнитных и электрических свойств: 1, 2, 3 при частоте 50 *гц* в сильных полях; 7 и 8 в средних полях (0,1—1 *а/см*); 5 и 6 в слабых полях (менее 0,1 *а/см*) 0,1 *а/см* при частоте 400 *гц* в средних полях.

Таблица 6-22

Марка стали	Удельные потери P_{10}, *вт/кг*, при индукции 10 000 *гс* и при толщине листа		
	0,35 мм	0,5 мм	1 мм
Э11	—	3,30	5,80
Э12	—	2,80	—
Э21	—	2,50	—
Э31	1,60	2,00	—
Э41	1,35	1,60	—
Э42	1,20	1,40	—
Э43	1,05	1,25	—
Э310	1,00	1,25	—
Э320	0,90	1,15	—
Э330	0,80	1,05	—

6-11. ЛИСТОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ СТАЛЬ

Электротехнические стали отличаются по методу проката (горячекатаные и холоднокатаные), по маркам (в зависимости от степени легирования, т. е. от количества введенного кремния), по толщине и размерам листа. Сортамент листовой электротехнической стали приводится в табл. 6-21

Удельные суммарные потери в электротехнической стали разных марок при частоте 50 *гц* и индукции 10 000 *гс* не должны превышать данных, приведенных в табл. 6-22. Если величина индукции отличается от 10 000 *гс*, величину удельных потерь можно пересчитать по формуле

$$\frac{P}{P_{10}} = \left(\frac{B}{10\,000}\right)^2,$$

где P — искомые удельные потери, *вт/кг*;

P_{10} — удельные потери, *вт/кг*, при 10 000 *гс* по табл. 6-22;

B — индукция в стали, *гс*.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

7-1. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Характер и степень неисправности электродвигателей определяются при их разборке.

От точности и правильности определения неисправности зависят объем, качество, продолжительность ремонта и его стоимость. Данные дефектировки должны быть занесены в журнал ремонта (см. приложение 1).

Определяемые при проведении дефектировки неисправности разделяются на механические, электрические, магнитные.

Механические неисправности электродвигателя могут быть по причине ненормальной работы подшипников, вибрации ротора, биения или искривления вала, разрыва проволочных бандажей, биения или выработки контактных колец и т. д.

Электрические неисправности заключаются: в пробое изоляции на корпус, замыкании между витками обмотки, нарушении паек и т. д.

Магнитные неисправности вызываются ненормальным нагревом стали статора, что часто может приводить к выгоранию стали, чрезмерно большим воздушным зазором между ротором и статором и т. д.

Одним из показателей нормальной работы электродвигателя является степень нагрева его активных частей и в первую очередь обмотки.

Нормы допустимого превышения температуры обмотки по отношению к окружающей зависят от качества изоляции.

В электродвигателях применяются два основных класса изоляции: изоляция класса А, которая состоит из пропитанных в изоляционных лаках разных тканей, шелка, бумаги, и изоляция класса В, состоящая из материалов на слюде, асбесте и стекловолокне с применением соответствующих вяжущих веществ.

Допустимое превышение температуры над окружающей, принятой равной 35° С для обмоток с изоляцией класса А — 65° С, для обмоток с изоляцией класса В — 85° С (при измерении температуры методом сопротивления), для контактных колец с изоляцией класса А — 70° С, с изоляцией класса В — 90° С, для подшипников скольжения — 45° С, а для подшипников качения — 60° С (при измерении температуры методом термометра).

Для измерения методом термометра шарик термометра предварительно обвертывают станиолью и плотно прижимают к детали, у которой замеряется температура, снаружи шарик защищают ватой или мягкой тряпкой. Температуру подшипников, контактных колец, а также лобовых частей обмоток измеряют спиртовым термометром.

Более точные результаты замера температуры обмоток получаются при ее замере методом сопротивления постоянному току, основанном на том, что электрическое сопротивление меди при изменении ее нагрева увеличивается на 0,004 *ом* — на 1° на каждый ом ее первоначального сопротивления.

Для определения степени повышения температуры следует замерить сопротивление постоянному току обмотки в холодном и горячем состоянии, после чего вычислить величину повышения температуры по формуле (см. § 5-2).

7-2. НЕНОРМАЛЬНАЯ РАБОТА ПОДШИПНИКОВ

а) Перегрев подшипников чаще всего встречается у электродвигателей, снабженных подшипниками скольжения.

Причинами перегрева могут быть:

1) искривление шейки вала, что требует проверки индикатором и при обнаружении правки или проточки (см. § 4-3);

2) неровность поверхности шейки вала или вкладыша подшипника, что требует тщательной проверки и при надобности прошлифовки шейки вала или пришабровки вкладыша;

3) слишком малый зазор между шейкой вала и вкладышем, что проверяют щупом или свинцовым оттиском (см. § 5-12). Величина зазора между вкладышем и шейкой вала должна соответствовать табл. 5-3.

б) Подшипники скольжения должны иметь осевую игру ротора, которая улучшает смазку шеек вала и способствует более равномерному изнашиванию подшипников и контактных колец.

При отсутствии осевой игры бортик вала упирается в торец втулки подшипника и приводит к быстрому износу баббита, чрезмерному нагреву и возможному выходу вкладыша из строя.

Осевая игра должна равномерно распределяться между подшипниками, что проверяют поочередным нажимом на торцы вала при вращении ротора, при этом он должен отходить в сторону нажима.

Данные разбега вала (осевая игра) электродвигателей разных мощностей приведены в табл. 5-3а.

Чрезмерно большая игра вала может привести к свешиванию щеток с контактных колец и неравномерному их срабатыванию.

Уменьшение осевой игры ротора в зависимости от потребности производится передвижкой втулок подшипников в ту или иную сторону. При выносных подшипниках регулировка игры вала производится методом передвижки стула подшипника.

в) Заклинивание смазочного кольца может происходить из-за того, что при регулировке установки подшипника смазочные кольца были тесно прижатыми к стенке камеры подшипника, между тем как для нормальной работы между кольцом и стенкой подшипника должен быть зазор не менее 3 *мм*. Если зазор по каким-либо причинам окажется меньшим, необходимо его увеличить методом сдвига вкладыша или втулки в головке подшипника.

Ненормальная работа подшипников скольжения с кольцевой смазкой может иметь место и из-за выбора слишком легких по весу колец, что может привести к их остановке при рабо-

те электродвигателя и прекращению подачи смазки на шейку вала, или из-за изготовления колец из магнитного материала, что ведет к их прилипанию к валу; ненормальная работа может быть также из-за неправильной формы колец или слишком густого смазочного масла, или низкого уровня масла в масляной камере подшипника.

Для предотвращения последствий из-за вышеуказанных причин следует проверять состояние смазочных колец и их исправить или заменить новыми более тяжелыми из латуни, определить точный уровень масла и т. п.

г) Вытекание смазочного масла из подшипников и его разбрызгивание на обмотку электродвигателя могут происходить по ряду причин:

1. Масло в камеру подшипника залито выше уровня маслоуказателя. Уровень масла в маслоуказателе соответствует неподвижному состоянию электродвигателя, а при вращении ротора часть масла поднимается смазочными кольцами, чем уровень масла в камере понижается. Если при вращающемся электродвигателе залить масло до уровня маслоуказателя, то после его остановки масло потечет обратно в масляную камеру, вследствие чего уровень его поднимается выше нормального и начнет вытекать из подшипника.

2. Канавки и отверстия для стока масла сильно загрязнены, отчего масло будет растекаться вдоль вала и разбрызгиваться внутрь электродвигателя на лобовные части обмотки. Попадание масла на статорную обмотку может вызвать разъедание изоляции и ее выход из строя. Для ликвидации этой неисправности масляную камеру и подшипники следует промыть керосином и залить свежим маслом. Если после промывки нормальный сток масла через отверстия и канавки не будет обеспечен, то диаметры отверстий для стока масла из канавки в камеру подшипника следует увеличить.

3. Если масло из подшипников засасывается внутрь электродвигателя разрежением, создаваемым вентилятором, необходимо усилить уплотнения между головкой подшипника и валом. Для осуществления этого мероприятия следует поставить кожаное или прессшпановое кольцо, плотно охватывающее шейку вала. Кроме того, можно просверлить в торцовой части подшипникового щита, расположенного со стороны вентилятора, несколько отверстий, чем устранить разрежение, так как через эти отверстия из окружающего пространства будет засасываться воздух.

д) В отличие от подшипников скольжения подшипники качения (шариковые и роликовые) смазываются густой смазкой (см. § 6-7), которой заполняют примерно половину объема камеры подшипника.

Несоблюдение этого правила приводит к следующим последствиям:

1. Если камера подшипника полностью заполнена смазкой, внутри камеры происходит сильное трение смазки по вращающейся части подшипников и вызывает нагрев, разжижение смазки и ее вытекание. Такие неисправности устраняются уменьшением объема смазки в камере.

2. Подшипник заклинивается при нагреве, так как при этом вал удлиняется, и подшипник должен сдвигаться к головке подшипникового щита на величину удлинения вала; если при этом наружное кольцо подшипника сидит в головке щита слишком туго, шарики при нагреве вала будут заклиниваться между кольцами и подшипник начнет сильно греться и перестанет вращаться.

Для устранения этой неисправности посадку подшипника следует ослабить путем шабровки отверстия головки подшипника.

3. Появление сильного шума в подшипниках качения, который обычно является следствием его износа, поломки шариков (роликов) или выкрашивания беговой дорожки на кольцах.

В таких случаях подшипник должен быть заменен.

Шум также может быть вызван и слабой посадкой подшипника на вал. При таком дефекте следует шейку вала проточить и в горячем виде насадить на нее втулку, обработав ее с допуском для прессовой посадки.

7-3. ИСКРЕНИЕ КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

Причиной искрения щеток контактных колец фазных роторов может быть: распайка хомутиков стержневой обмотки, неравномерность выработки контактных колец, вибрация щеточного аппарата или пальцев щеткодержателей, завышенные зазоры между щеткой и обоймой щеткодержателя, заедание щеток в обойме, неправильная установка щеток по отношению к контактным кольцам, плохая протирка щеток, что ведет к неполному касанию щетки к поверхности контактного кольца и повышению плотности тока под щетками, биение контактных колец, превышающее 0,03 мм, замеренное индикатором, а также вибрация ротора сверх допустимых норм (см. табл. 5-4).

В большинстве случаев вибрация щеточного аппарата происходит из-за неуравновешенности ротора или неправильной центровки электродвигателя с приводным механизмом.

Для уточнения причин вибрации следует отсоединить электродвигатель от приводного механизма и пустить вхолостую. Если при этом вибрация будет продолжаться, ротор следует подвергнуть балансировке (см. § 4-16). Если же вибрация после отключения исчезнет, это покажет на неправильную центровку электродвигателя с приводным механизмом.

Все выявленные причины неполадок должны быть соответствующим образом ликвидированы.

7-4. ПОВРЕЖДЕНИЕ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

а) Общие сведения. Повреждение обмоток асинхронных электродвигателей наиболее часто встречается в виде коротких замыканий, обрыва в обмотке или соединений катушек с корпусом и между собой.

Повреждение обмоток может быть вызвано и действием токов короткого замыкания на лобовые части обмоток. При коротком замыкании по обмоткам статора проходят по величине токи большой силы, когда между стержнями лобовых частей возникают большие усилия, могущие разрушить обмотку. Чем длиннее лобовые части, тем усилия больше, поэтому такие повреждения наиболее вероятны в быстроходных электродвигателях, в которых лобовые части бывают длинными. К наиболее вероятным местам повреждения обмотки следует отнести места изгибов обмотки, места выхода обмотки из пазов статора, а также места перекрещивания лобовых частей.

В двухслойных обмотках, которые в пазы укладываются тесно, наиболее вероятным местом повреждения следует считать пробой между фазами рядом лежащих и параллельно расположенных обмоток. Пробою изоляции также способствует перепутывание проводников при их укладке в пазы через шлиц паза, что ведет к повышению напряжения между рядом лежащими проводами.

Пробой между фазами возможен в лобовых частях обмоток у выводных концов, а при двухслойной обмотке и сокращенном шаге y, в пазу, так как при такой обмотке в некоторых пазах лежат стороны катушек различных фаз.

б) Короткие замыкания. Короткие замыкания могут иметь место между катушками или катушечными группами одной фазы, между витками одной катушки, между катушками разных фаз.

Величина тока короткого замыкания зависит от величины полного сопротивления накоротко замкнутых витков или катушек, так как в короткозамкнутых цепях вращающийся поток индуктирует э. д. с. и при хорошем контакте в месте соприкосновения в замкнутых цепях могут циркулировать большие по величине токи, вызывающие чрезмерный нагрев обмотки с появлением дыма и расплавления паек.

Относительно длительная работа электродвигателя с коротким замыканием в обмотке может вызвать и повреждение активной стали статора.

При коротких замыканиях обмотки работа электродвигателя сопровождается характерным сильным гудением и неравномерным распределением тока в линейных проводах.

Так как электродвигатель при значительных коротких замыканиях потребляет неравномерно распределенный по фазам ток, его пуск становится невозможным, и такая авария во время работы электродвигателя может привести к его остановке, а при повторном пуске (если удастся) его момент и число оборотов будут пониженными.

При замыкании в обмотке ротора (фазного) электродвигатель плохо разворачивается, идет рывками, а ток статора при этом будет колебаться особенно вначале пуска, когда, не достигая номинальных оборотов и не приняв нагрузки, электродвигатель затормаживается, при этом слышится сильное гудение. Если число короткозамкнутых витков велико, ротор может начать вращаться и при отключенном реостате. Короткое замыкание в обмотке статора может служить причиной одностороннего притяжения ротора к статору, что особенно опасно из-за относительно малого зазора между ротором и статором.

При явлениях короткого замыкания надлежит уточнить, есть ли этот дефект в обмотке статора или ротора (ротор фазный).

Для выяснения в обмотку статора надлежит включить напряжение, равное $^1/_3$ или $^1/_2$ номинального при разомкнутом роторе, при этом следует замерить напряжение на кольцах ротора, медленно поворачивая ротор. Если при этом напряжения на кольцах ротора (попарно) не равны и меняются в зависимости от положения ротора по отношению к статору, значит замыкание имеет место в статорной обмотке.

Если же замыкание имеет место в роторной обмотке, напряжение между кольцами ротора будет неодинаковым и не будет меняться в зависимости от положения ротора.

Для определения дефектной фазы обмотку статора питают пониженным напряжением, равным $^1/_3$ или $^1/_2$ номинального, а в каждую фазу включают по амперметру (рис. 7-1). При соединении обмоток фаз в звезду, в фазе, имеющей повреждение (за-

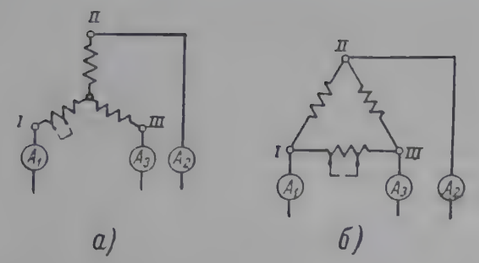


Рис. 7-1. Признаки замыкания в обмотках при соединении их звездой и треугольником.

мыкание между витками), ток в фазе A_1 будет больше, чем в других фазах. При соединении обмоток фаз в треугольник в двух фазах сети, к которым присоединена дефектная фаза $A_1 — A_3$ ток будет больше, чем в третьей фазе A_2.

Если окажется, что разница в величинах тока отдельных фаз незначительна, можно повысить напряжение до номинального.

Приведенный метод обнаружения дефектной фазы можно применить и при номинальном напряжении при обязательной установке нормированных предохранителей на номинальный ток.

Такой же метод можно применить и к электродвигателям с короткозамкнутым ротором только при напряжении, равном $^1/_3 — ^1/_4$ от номинального, а ротор может вращаться или быть заторможенным.

Короткозамкнутые витки можно обнаружить нагревом, питая обмотку статора или поврежденную фазную обмотку ротора током.

Для определения места повреждения нагревом следует кратковременно включить обмотку в сеть через предохранители или автоматический выключатель и немедленно по выключении на ощупь определить нагретые лобовые части. При сильном нагреве из обмотки может показаться даже дым и запах гари. Можно также обнаружить короткозамкнутые витки специальным электромагнитом (рис. 5-15). При проверке обмотки электромагнитом его накладывают на активную сталь статора и питают переменным током, тогда в поврежденной катушке появится ток, что повлечет за собой увеличение потока в зубцах, между которыми в пазу находится поврежденная обмотка. Если перекрыть этот паз тонкой стальной пластинкой, она начнет сильно вибрировать. Передвиганием электромагнита по всему статору и прикладыванием стальной пластинки к зубцам исследуют всю обмотку.

Дефектная обмотка фазы, имеющая короткое замыкание, может быть также определена и по величине ее активного сопротивления, измеряемого мостиком, либо постоянным током по методу амперметра-вольтметра (см. § 5-3), при этом меньшее сопротивление будет иметь поврежденная фаза. Если разъединить фазные обмотки затруднительно, то производят измерения трех междуфазных сопротивлений. При соединении обмоток фаз в звезду (рис. 7-1,*а*) наибольшую величину сопротивления будет иметь междуфазное сопротивление, измеренное на концах фаз, не имеющих короткого замыкания, два других сопротивления будут равны и меньше первого.

При соединении фаз треугольником (рис. 7-1,*б*) наименьшее сопротивление будет при измерении на концах фазы, имеющей замыкание; два других измерения дадут большую величину сопротивления, причем оба будут одинаковыми.

Если короткозамкнутую ветвь не удается обнаружить вышеприведенными способами, можно прибегнуть к методу деления обмотки на части. Для такого метода обмотку сначала делят пополам и мегомметром проверяют наличие соединения. Затем одну из этих частей снова делят пополам и каждую часть проверяют и т. д., пока не будет определена катушка, имеющая замыкание. Этим же способом может быть найдена дефектная катушка в обмотках, имеющих параллельные ветви, при этом предварительно дефектные фазы следует разделить на параллельные ветви и сначала определить, между какими ветвями имеется замыкание.

в) Обрывы в обмотках. При соединении обмоток фаз звездой обрыв в цепи статорной обмотки работающего электродвигателя может быть обнаружен по отсутствию тока в одном из проводников сети.

При соединении статорной обмотки в треугольник в двух проводниках сети, между которыми находится фаза с обрывом, ток при холостой работе электродвигателя будет значительно меньше, чем в третьем проводе.

Если обмотка имеет параллельные ветви, то при обрыве в одной из параллельных ветвей фазы другие ветви этой фазы перегрузятся током и нагреются сильнее других частей обмотки. Если обрыв в обмотке произойдет во время работы электродвигателя, он будет перегружаться, продолжая работать при ненормальном гудении.

При соединении статорной обмотки звездой пустить электродвигатель с обрывом в обмотке нельзя, так как при этом не может образоваться вращающегося магнитного поля. При соединении обмотки в треугольник пуск электродвигателя возможен, но, так как при

этом отсутствует одна фаза, его нормальная мощность снизится примерно на одну треть.

Следует подчеркнуть, что при обрыве в обмотке одной из фаз и при любом соединении статорной обмотки, ее нагрев будет чрезмерным, поэтому длительная работа электродвигателя на двух фазах может вывести его из строя.

При обрыве в фазной или короткозамкнутой обмотке ротора в питающей сети будут наблюдаться периодические колебания стрелки амперметра с частотой, равной частоте скольжения. Колебание тока создает и колебание напряжения, что отражается на работе сети, особенно при обрывах в роторах электродвигателя большой мощности.

При обрыве в обмотке ротора его обороты снижаются, электродвигатель ненормально гудит с периодически усиливающимся звуком. Кроме того, иногда наблюдается и вибрация электродвигателя, особенно под нагрузкой. При обрыве в нескольких стержнях короткозамкнутого ротора пуск электродвигателя под нагрузкой может оказаться затруднительным.

Такие же явления наблюдаются и при плохом контакте как в роторной обмотке фазного ротора (в хомутиках), так и короткозамыкающем кольце короткозамкнутого ротора.

При обрыве в одной из фазных обмоток фазного ротора, соединенных звездой, при некоторой нагрузке электродвигатель снижает число оборотов и устойчиво работает при половинной синхронной скорости. При такой скорости электродвигатель будет работать и после разгрузки. Лишь при большом сопротивлении в цепи ротора указанное явление не будет наблюдаться. После того как будет установлено, что дефект находится в самой обмотке статора, а не вне ее (перегорание предохранителей, слабый контакт пусковой аппаратуры, неплотность контактов выводных концов и т. д.), в первую очередь следует проверить качество всех паек.

Для нахождения поврежденной фазной обмотки следует вначале пользоваться мегомметром, для чего при соединении фаз звездой один его конец присоединяют к нулевой точке звезды, а вторым концом поочередно касаются концов всех фаз.

При соединении обмоток фаз треугольником следует обмотку разъединить и испытать каждую фазу в отдельности. Для нахождения катушечной группы или катушки, имеющей обрыв, одним концом мегомметра касаются одного конца фазы, а другим — поочередно всех соединенных проводов между катушечными группами и катушками. При соприкосновении частей обмоток с местом обрыва мегомметр дает большие показания (соответственно сопротивлению изоляции испытываемой обмотки).

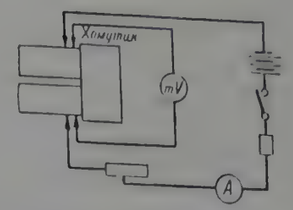


Рис. 7-2. Схема для обнаружения плохого контакта в хомутиках ротора асинхронного двигателя.

Если нулевая точка обмотки при соединении звездой недоступна, фазу, имеющую обрыв, можно найти по показаниям амперметра или мегомметра. Для этого касаются двумя концами от мегомметра попарно всех выводов обмотки.

При соединении обмоток фаз треугольником после разъединения фазных обмоток фазу, имеющую обрыв, можно найти, измеряя сопротивление постоянному току обмотки между выводами.

Наиболее вероятные места обрывов в проволочных обмотках — это места межкатушечных соединений и пайках, а в роторах — места паек между стержнями в соединительных хомутиках.

Практически для нахождения поврежденной секции широкое применение нашел метод падения напряжения, который может быть применен как для петлевой, так и для волновой обмоток. К двум выводам фаз катушечных групп или отдельных катушек подводят постоянный ток и парой щупов измеряют падение напряжения в этой катушке (рис. 7-2). При замыкании в исследуемой секции или катушке получится меньшее падение напряжения при одном и том же токе, чем в других обмотках, между которыми нет замыкания. Чем больше витков замкнуто накоротко, тем меньше будет падение напряжения.

В качестве источника тока можно применять батарею аккумуляторов, если нет сети постоянного тока. Для уменьшения тока последовательно с обмоткой включается сопротивление (реостат), дающее возможность изменять ток. Обычно для этих целей достаточна сила тока порядка 5—10 *а*. Для измерения падения напряжения следует пользоваться милливольтметром с пределом измерений 15—45 *мв*. При необходимости величина падения напряжения может быть отрегулирована

изменением величины питающего тока реостатом.

Место обрыва в стержнях короткозамкнутых роторов можно обнаружить тщательным поверхностным осмотром.

Обнаружение обрывов или трещин в части стержней, расположенных в пазу, затруднительно и требует специального опыта, заключающегося в следующем

Ротор затормаживают, а в статор подают пониженное напряжение, равное $^1/_4 — ^1/_5$ номинального. Затем ротор медленно проворачивают, измеряя при этом ток статора в одной или трех фазах. При исправном роторе ток в статоре во всех положениях ротора будет одинаковым, а при обрыве или плохом контакте будет изменяться в зависимости от положения ротора.

В пазовой части стержня трещину или обрыв можно найти следующим образом.

Ротор несколько выдвигают из статора и надежно предохраняют от поворачивания; в обмотку статора подают пониженное напряжение ($^1/_4 — ^1/_5$ — номинального). На каждый паз выступающей части ротора поочередно накладывают тонкую стальную пластинку, перекрывающую два зубца ротора. При нахождении пластинки над пазами, в которых нет поврежденных стержней, она будет притягиваться и дребезжать; как только пластинка перекроет паз с поврежденным стержнем, притяжение и дребезжание станут значительно слабее и вовсе исчезнут. Этот опыт следует производить быстро во избежание перегрева обмоток.

г) Соединение обмоток с корпусом (корпусное). Для определения места замыкания на корпус следует разъединить фазы, если число выводов статорной обмотки равно шести, или распаять их и мегомметром определить дефектную обмотку фазы. Если обнаружить место замыкания не удастся, можно прибегнуть к методу «прожигания» — один конец фазы присоединяется к корпусу через предохранитель 30—40 *а*, а второй — к сети; при прохождении тока через место замыкания из корпуса появится дым. Напряжение следует постепенно повышать до полного пробоя изоляции. Место замыкания обмотки на корпус можно также найти и методом деления обмотки по способу, изложенному в п. «в». Одновременно с проверкой мегомметром рекомендуется пошевелить катушку у подозрительных мест (места выхода обмотки из паза). Шевеление секции создает изменение контакта, а следовательно, и изменение сопротивления.

Вместо мегомметра можно пользоваться контрольной лампой, включая ее между обмоткой (выводом) и корпусом электродвигателя. Дефект обнаружится по миганию лампы в момент шевеления секции.

При замыкании в отдельных секциях их необходимо заменить новыми или перезолировать. Перезолировкой только мест повреждения секций можно ограничиться при условии отсутствия других повреждений изоляции.

Длительная работа электродвигателя при большом количестве короткозамкнутых ветвей может привести к выходу из строя всей обмотки.

Для нормальной работы электродвигателя в случае, когда он не может быть остановлен на продолжительный срок, можно прибегнуть к способу отключения поврежденной секции, при этом количество отключенных витков не должно превышать 10% фазы. Концы дефектной секции распаивают и две секции, от которых отпаяна поврежденная, соединяют, а концы поврежденной секции изолируют.

Если в поврежденной секции есть замыкания между витками, то, кроме изоляции концов, секцию необходимо разрезать, чтобы в ней не могли циркулировать токи, образующиеся при работе электродвигателя.

Примечание. При параллельном соединении катушек или сопряжении фаз в треугольник отключение катушек одной фазы недопустимо из-за больших уравнительных токов. В этом случае следует отключить соответствующее количество катушек в других фазах или параллельных группах.

7-5. НЕПРАВИЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ОБМОТОК

а) Обратное соединение

Неправильное соединение обмоток имеет место, когда одна или несколько катушек или целая катушечная группа имеют обратное соединение (перевернуты).

Обычно при пуске с перевернутой секцией или катушечной группы, или целой фазы электродвигатель развивает небольшой вращающий момент, и если начнет вращаться, то будет при этом издавать шум низкого тона, под нагрузкой не разовьет полных оборотов, а за короткий период работы обмотка сильно нагреется; при номинальной нагрузке электродвигатель не разовьет полных оборотов.

Для определения правильности соединения петлевых обмоток следует проверить порядок группировки катушек в катушечные группы и последовательность их соединения, а также число катушек в каждой катушечной группе.

В волновых обмотках пользоваться приведенным методом проверки затруднительно, в данном случае следует прибегнуть к контрольной лампочке, для чего звезду и треугольник следует предварительно разъединить и, подключив лампу к одному концу фазы, другим концом поочередно прикладывать к хомутикам стержней данной фазы. При правильном соединении обмотки лампочка поочередно должна загораться. Если лампочка не будет загораться поочередно, то значит схема соединена неправильно.

Проверить правильность соединения схемы можно также методом компаса при питании обмотки постоянным током. При неправильном соединении катушечных групп стрелка компаса будет показывать одно и то же направление поля у трех следующих одна другой катушечных групп.

Если целая фаза вывернута, то знаки компаса будут следовать группами по три с противоположными направлениями.

Неправильно соединенная катушечная группа будет стремиться стрелку компаса повернуть в противоположное направление.

б) Соединение на меньшее напряжение

Если статорная обмотка соединена для работы на меньшее напряжение, чем это было предписано расчетом, то это приведет к чрезмерному росту тока холостого хода и магнитному шуму, так как при этом магнитный поток увеличится.

Если же соединение обмоток произведено для большего напряжения, чем это предписано расчетом, начальный, пусковой и максимальный моменты электродвигателя составят приблизительно только $^1/_4$ номинального при правильном соединении. Кроме того, электродвигатель может не развернуться и остановиться при нагрузке меньше номинальной.

в) Правильное определение начал и концов фаз

При неправильном соединении выводных концов обмотки электродвигатель издает ненормальное гудение. Для проверки правильности соединения следует мегомметром или контрольной лампой определить принадлежность концов обмотки к отдельным фазам. Затем выводы обмотки одной фазы условно обозначают «начало» и «конец» и через рубильник подключают к ней источник постоянного тока (аккумуляторную батарею напряжением 2—6 *в*) (рис. 7-3).

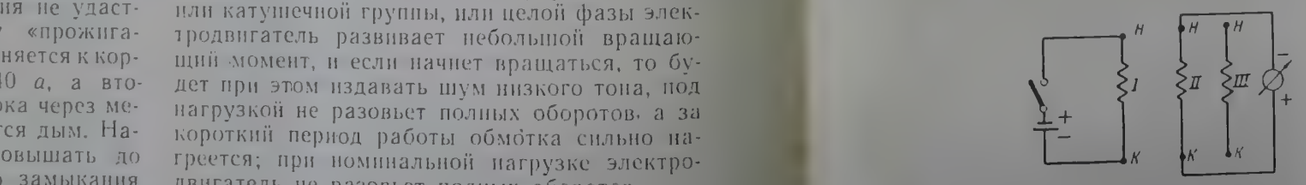


Рис. 7-3. Схема фазировки выводных концов статорной обмотки.

В момент включения рубильника в обмотках двух других фаз будет индуктироваться э. д. с., при этом направление э. д. с. будет зависеть от полярности концов обмотки фазы, в которую подсоединена батарея. Если к условному началу подключен плюс батареи, а к концу — минус, то при включении рубильника на других фазах будет минус на началах и плюс на концах, что определяется по направлению движения стрелки милливольтметра, поочередно подключаемого к выводным концам других фаз. При отключении рубильника полярность на других фазах изменится на обратное.

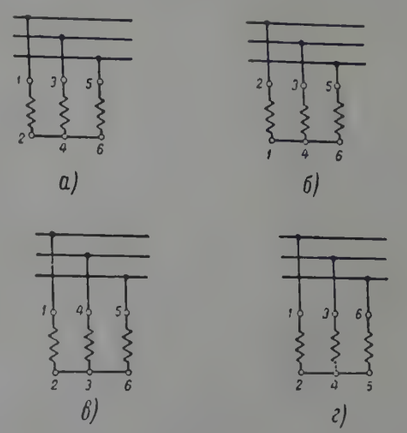


Рис. 7-4.

Другой способ определения начала и конца каждой фазы заключается в следующем: выводы фазы произвольно обозначают цифрами — первую фазу *1—2*, вторую фазу *3—4*, третью фазу *5—6*; после этого выводы *2—4—6* соединяют в звезду, а к выводам *1—3—5* подводят пониженное напряжение (рис. 7-4). Если при таком соединении будет наблюдаться неисправность электродвигателя в виде гула, отсутствие разворота или вращение ротора с пониженным числом оборотов против номинального, выводы первой фазы *1—2* следует поменять местами, т. е. соединить в звезду выводы *1—4—6*, а к выводам *2—3—5* подвести питание (рис. 7-4,*б*).

Если и при новом соединении неисправность электродвигателя не будет устранена, выводы первой фазы *1—2* следует поставить на прежнее место и поочередно заменить ме-

стами выводы второй (рис. 7-4,*в*) и третьей фаз (рис. 7-4,*г*).

Правильность сопряжения фаз обмотки статора можно определить вольтметром или контрольной лампой.

При пользовании вольтметром следует одну фазу отсоединить, а к двум другим фазам, соединенным последовательно, подключить напряжение, равное 0,2—0,34 $U_{ном}$, а к отключенной фазе присоединить вольтметр.

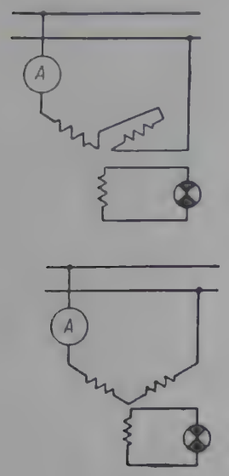


Рис. 7-5.

Если фазы соединены разноименными выводами, то в третьей фазе будет индуктироваться э. д. с., равная приблизительно 50% подведенного напряжения и вольтметр даст соответствующее отклонение; если соединены одноименные выводы двух фаз, то э. д. с. в витках третьей фазы индуктироваться не будет и вольтметр, приключенный к этой фазе, не даст показаний.

После того как определены одноименные выводы двух фаз, этим же методом определяют выводы и третьей фазы, для чего одну из фаз, выводы которой уже определены, соединяют последовательно с третьей фазой.

При отсутствии вольтметра наличие или отсутствие напряжения на зажимах третьей фазы можно определить лампой накаливания (рис. 7-5). При соединении фаз разноименными выводами лампа, приключенная к третьей фазе, загорится, а при соединении одноименными выводами не будет гореть.

Определять одноименные выводы обмоток фаз статора этим методом следует при пониженном напряжении, так как при номинальном в случае соединения фаз разноименными выводами ток в обмотке будет намного больше номинального.

Таким же путем определяют начала и концы фаз, если на коробке зажимов нет соответствующих обозначений.

7-6. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ НЕ РАЗВИВАЕТ НОМИНАЛЬНЫХ ОБОРОТОВ

а) Если при сопряжении фаз треугольником электродвигатель нормально запускается и хорошо работает при номинальной нагрузке, но при этом токи в фазах различны (в одной фазе ток на 73% больше, чем в двух других), скорость вращения ротора ниже номинальной и одна фаза совершенно не греется, следует считать, что в одной из фаз есть внутренний обрыв.

Из-за обрыва в обмотке получается открытый треугольник и электродвигатель хорошо запускается. Но так как работают только две фазы, его мощность понижается на $^1/_3$. Нагрев электродвигателя в этом случае зависит от его нагрузки и может оставаться в пределах нормы.

Если обмотка электродвигателя соединена в звезду, то при обрыве в обмотке он не запускается, а при разворачивании от руки работает толчками и ненормально гудит. Если обрыв происходит во время работы, электродвигатель может продолжать работу с номинальным вращающим моментом, но скорость вращения при этом понизится, а ток возрастает так, что при отсутствии защиты может привести к пожару в обмотке.

б) Если электродвигатель не запускается, несмотря на напряжение на зажимах статора, и ток во всех фазах одинаков, а напряжения на кольцах ротора (фазный), измеренные при неподвижном разомкнутом роторе, также одинаковы, причиной дефекта следует считать обрыв в фазах пускового реостата или проводах, соединяющих реостат с ротором. Место обрыва можно найти мегомметром или контрольной лампой.

в) Если электродвигатель при включении в сеть не запускается, а ротор прилипает, при этом, будучи выведенным из этого состояния, разворачивается и продолжает нормально работать, причиной такого явления следует считать неудачно выбранное соотношение пазов статора и ротора, что ведет к резкому снижению начального момента электродвигателя (см. § 1-13). В таких случаях следует заменить ротор иным с другим числом пазов.

г) Если электродвигатель с короткозамкнутым ротором, не достигая номинальных оборотов, «застревает», продолжая устойчиво работать при низкой скорости, меньше номинальной и составляющей приблизительно $^1/_7$ номинальной, и если ротор привести во вращение со скоростью, превышающей $^1/_7$ номинального значения, он развернется до номинальной скорости и будет нормально работать; причиной такого явления следует так же считать неправильное сочетание числа пазов статора и ротора для данного числа полюсов электродвигателя.

Устранить этот дефект можно, заменив ротор другим с иным числом пазов либо перемотав электродвигатель, применив двухслойную обмотку с сокращенным шагом (порядка $^6/_7$), чем уничтожить 7-ю гармонику, являющуюся причиной провала кривой пускового момента.

7-7. ПЕРЕГРЕВ ОБМОТОК РОТОРА И СТАТОРА

а) Если электродвигатель с нагрузкой плохо пускается в ход, не развивает нормальной скорости, вращающий момент меньше номинального, электродвигатель гудит, ток в статоре сильно пульсирует, ротор, а иногда и статор перегреваются — это признак плохого контакта в цепи ротора.

В короткозамкнутом роторе это может иметь место, если между стержнями ротора и короткозамыкающими кольцами нет контакта из-за отрыва стержней от кольца или разрыва кольца в одном или нескольких местах. Иногда разрыв стержней имеет место в пазу ротора.

В таких случаях место обрыва следует запаять, заменить стержень, а при алюминиевой обмотке ротор перезалить.

б) Если при пуске в ход под нагрузкой электродвигатель медленно разворачивается, при этом ротор (фазный) сильно греется, а без нагрузки при разомкнутой цепи ротора пускается в ход, то это говорит о коротком замыкании между стержнями ротора в его лобовой части или в обмотке или о замыкании в двух местах обмотки ротора.

Для ликвидации этого явления следует проверить, не соприкасаются ли хомутики, нет ли там затеков олова, замерить сопротивление изоляции ротора для определения заземления и дефекты ликвидировать.

в) Если наблюдается общий и равномерный перегрев обмоток статора, следует считать, что электродвигатель перегружен по мощности или нарушена его нормальная вентиляция. Кроме того, низкое напряжение сети (по отношению к номинальному) также может служить причиной перегрузки электродвигателя, так как при этом при номинальной мощности он перегружается током.

Если обмотка статора местами перегревается, а ток в фазах неравномерный или электродвигатель сильно гудит и развивает пониженный вращающий момент, — это признак наличия в обмотке статора виткового замыкания или катушечные группы неправильно соединены; одна или несколько катушек «вывернуты» или обмотка одной фазы заземлена в двух местах, или имеет место короткое замыкание между двумя фазами.

7-8. НЕИСПРАВНОСТИ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ

Общий перегрев активной стали может быть вызван повышенным напряжением питающей сети, поэтому в таких случаях следует понизить напряжение сети.

Местные сильные нагревы активной стали являются следствием нарушения изоляции между отдельными листами пакета стали.

Основное повреждение активной стали электродвигателей — это ее оплавление электрической дугой, образующейся при повреждении обмотки витковым замыканием или пробоем на корпус. Помимо этих причин, выход стали из строя может быть и из-за повреждения изоляции между листами стальных пакетов статора.

При таких повреждениях отдельные листы стали, замыкаясь, вызывают сильные местные перегревы стали и обмоток. Поврежденные места не всегда могут быть определены по внешнему виду, поэтому прибегают к специальному испытанию.

Такое испытание производят, создавая в активной стали статора или ротора индукции в 10 000 *гс* при 50 *гц* наложением специальной испытательной обмотки (см. § 5-7).

Специальную обмотку включают в сеть на 15—20 *мин* и при этом дефектные места стали нагреваются больше, чем остальная часть пакета. Наибольшая разница будет наблюдаться в первое время включения обмотки, что следует иметь в виду при проведении испытания.

Перегрев определяется термометром (желательно спиртовым). Наибольшая температура перегрева стали статора над окружающей температурой через 30 *мин* после начала нагревания не должна превышать 45° С, а разность перегревом между отдельными зубцами не должна превосходить 10° С. При превышении указанных величин дефектное место следует отыскать и исправить.

Местные перегревы могут быть исправлены удалением заусенцев, обработкой мест замыкания листов стали напильником (разъединить соединяющиеся листы стали и пролакировать их изоляционным лаком воздушной сушки).

Если из-за сильного короткого замыкания в обмотке статора или пробоя на корпус отдельные участки зубцов активной стали оказываются поврежденными, следует вырубить поврежденные места, острые места зачистить напильником, не оставляя заусенцев, и между отдельными листами стали проложить тонкий электрокартон, промазанный лаком, или слюду и пролакировать изоляционным лаком. При большом количестве поврежденных зубцов стали приходится производить полную перешихтовку стали, что связано с полной перемоткой статора.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ I

ЖУРНАЛ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

I. Заводский паспорт

Завод-изготовитель . . .
Тип . . . Заводской № . . .
Мощность . . . *квт*
Напряжение . . . *в*
Ток . . . *а*
Скорость вращения . . . *об/мин*
Число фаз . . . Схема . . . фаз . .
Частота . . . *гц*. К. . . . %
Ротор . . . Напряжение на кольцах . . . *в*
Ток ротора . . . *а*
Год изготовления . . .
Дополнительные данные . . .

II. Технические данные

1. Исполнение электродвигателя (открытое, защищенное, [illegible]тое, взрывобезопасное) . . . .
2. Система охлаждения (вентиляция) . . .
3. Год установки . . . Дата предыдущего ремонта (реконструкции) . . .
4. Условия эксплуатации: температура воздуха, чистота воздуха, наличие масла и разных загрязнений . . .
5. Режим работы, нагрузка продолжительная, кратковременная, повторно-кратковременная, ровная, пиковая, перегрузки . . .
6. Конструктивные недостатки электродвигателя . . .
7. Дополнительные данные . . .

III. Причина ремонта и заключение

Сопротивление изоляции: обмотки статора . . . *Мом* при T = . . . °С, обмотки ротора . . . *Мом* при T = . . . °С

IV. Статор

1. Диаметр расточки . . . *мм* Высота спинки . . . *мм*. Полная длина сердечника . . . *мм*
2. Число радиальных каналов . . . Ширина канала . . .
3. Число пазов . . .
4. Форма паза (эскиз) . . .
5. Размеры и сечение паза . . .
6. Размеры шлица . . .
7. Состояние активной стали . . .
8. Испытание стали на нагрев . . .
9. Дополнительные данные . . .

V. Обмотка статора

1. Тип обмотки . . . Шаг обмотки . . . Катушечных групп в фазе . . . Соединение групп в фазе . . . Сопряжение фаз . . . Число витков в катушке . . . Число столбиков в катушке . . . Всего проводов в пазу . . . Число параллельных проводов . . . Эффективных проводов в пазу . . . Дополнительные данные . . .
2. Марка провода и его размеры без изоляции . . . *мм*, с изоляцией . . . *мм*
3. Изоляция провода и материал . . . Состояние изоляции . . .
4. Витковая изоляция: в пазу . . . в лобовой части . . . Состояние . . .
5. Пазовая изоляция: состояние . . .
6. Гильзы: длина . . . *мм*, высота . . . *мм*, ширина . . . *мм*, толщина стенки . . . *мм*, вылеты . . . *мм* Состояние . . .
7. Прокладки: на дне . . . *мм*, между секциями, проводниками . . . *мм*, под клином *мм*, материал . . .
8. Изоляция лобовых частей: многослойная, комбинированная, из лакоткани, микаленты, микашелка, хлопчатобумажной ленты . . .
9. Расположение и крепление лобовых частей . . .
10. Пазовые клинья: материал . . . состояние . . .
11. Выводы обмотки: число выводов . . . сечение выводов . . . расположение . .
12. Зажимная доска: материал . . . Размеры . . . Состояние . . .
13. Дополнительные данные . . .

VI. Ротор

1. Наружный диаметр . . . *мм*. Высота спинки . . . *мм*. Полная длина сердечника . . . *мм*
2. Число радиальных каналов . . . Ширина канала . . .
3. Число пазов . . . Форма паза . . . Размеры шлица . . . *мм*
4. Размеры паза: ширина . . . *мм*, высота до клина . . . *мм*, полная высота . . . *мм*
5. Крепление сердечника (поперечными шпонками и прочее) . . .

6. Состояние стали (наличие ржавчины, цветов побежалости, оплавлений выгоревших участков, вмятин, качество запрессовки); при наличии повреждений составить подробный эскиз . . .
7. Вентиляторы: конструкции (радиального типа, осевого типа, флажки на хомутах обмотки) . . .
8. Величина воздушного зазора (средняя): со стороны контактных колец . . . *мм*, с противоположной стороны . . . *мм*
9. Дополнительные данные . . .

А. Обмотка фазного ротора

1. Тип обмотки (стержневая, катушечная) . . . Шаг обмотки . . . Соединение катушечных групп в фазе . . . Сопряжение фаз . . . Всего проводов в пазу . . . Параллельных проводов в пазу . . . Эффективных проводов в пазу . . .
2. Расположение перемычек по пазам . . .
3. Расположение выводных концов . . .
4. Размеры шинок без изоляции . . . *мм*, с изоляцией . . . *мм*
5. Изоляция шинок, провода: материал . . . Состояние . . .
6. Характер пазовой изоляции: . . .
   а) гильза (материал) . . .
   б) коробочка из прессшпана . . .
   Общая толщина на сторону . . . *мм*
   Вылет из паза . . . *мм*
   Состояние . . .
7. Прокладки в пазу: на дне . . . *мм*, между слоями, проводниками . . . *мм*, под клином . . . *мм*
   Материал . . .
8. Вылеты лобовых частей обмотки со стороны муфты . . . *мм*, с противоположной . . . *мм*
9. Изоляция лобовых частей: материал . . . Толщина на сторону . . . *мм*. Состояние . . . Расстояние между шинками . . . *мм*
10. Изоляция обмоткодержателей: материал (хлопчатобумажные полотно, лента, прессшпан, миканит) Общая толщина изоляции . . . *мм* Состояние . . .
11. Подбандажная изоляция: материал (хлопчатобумажные полотно, лента, прессшпан, миканит) Общая толщина . . . *мм* Ширина . . . *мм*
12. Бандажи: конструкция (эскиз) . . . Ширина бандажа . . . *мм* Расстояние бандажей от активной стали со стороны муфты . . . *мм*, с противоположной . . . *мм*. Число секций бандажей со стороны контактных колец . . . со стороны муфты . . . Число слоев проволоки . . . *мм* Диаметр проволоки . . . Число витков в слое, считая от обмотки . . . Число концевых скобочек секции бандажа . . . *мм* Расстояние между ними . . . Общее число скобочек секции бандажа . . . Материал скобочек . . . Толщина . . . *мм*. Ширина . . . *мм*. Состояние бандажа . . .
13. Соединительные хомутики: материал . . . Толщина . . . Размеры хомутика . . . Изоляция хомутиков. Состояние паек хомутиков . .
14. Пазовые клинья: материал . . . состояние . . .
15. Изоляция контактных колец: материал . . . Толщина . . . *мм*. Высота изоляционного цилиндра . . . *мм* Диаметр изоляционного цилиндра . . . *мм*. Токоподводы: сечение . . . *мм*, изоляция токоподводов . . . Состояние контактных колец, токоподводов, изоляции . . .
16. Щеткодержатели: количество на кольцо . . . Тип (радиальный) . . . Конструкция . . . Состояние . . .
17. Щетки: число на кольцо . . . Размеры . . . *мм* Марка . . . Состояние . . .
18. Состояние механизма короткого замыкания . . .
19. Дополнительные данные . . .

Б. Обмотка короткозамкнутого ротора

1. Тип обмотки (беличья клетка, глубокий паз и т. д.)
2. Замыкающие кольца: материал . . . Конструкция (целые, из частей) . . . Сечение . . . *мм* Состояние . . .
3. Соединение медных стержней с кольцами (пайка твердым припоем, сварка) . . .
4. Дополнительные данные (при наличии повреждений клетки составить эскиз вылета стержней и замыкающих колец короткозамкнутого ротора и мест повреждения) . . .

VII. МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ДВИГАТЕЛЯ

1. Подшипники (скольжения, шариковые, роликовые №) Расположение (выносные на стойках, в щитах) . . . Система смазки . . . Число смазочных колец . . .
2. Вкладыши (разъемные, неразъемные) . . . Материал заливки . . .
3. Величина зазоров: переднего подшипника . . . *мм*, заднего подшипника . . . *мм*
4. Шейка вала Диаметры: передней . . . *мм* задней . . . *мм* Длина: передней . . . *мм*, задней . . . *мм*. Состояние: передней . . . задней . . .
5. Состояние подшипников качения . . .
6. Данные измерения вибраций . . .
7. Дополнительные данные . . .

Сведения заполнил инженер . . . подпись . . . 196 г.

Примечание. 1. Все дополнительные данные записываются в соответствующий раздел.

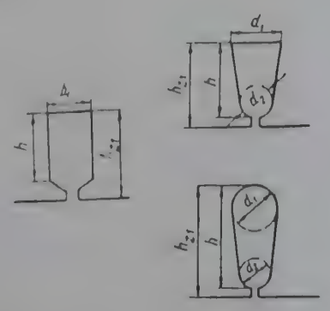
Приложения: 1. Эскиз и расчет заполнения паза.
2. Схема обмотки статора.
3. Схема обмотки ротора.
4. Протокол испытания стали статора.

ФОРМУЛЯР РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА МОЩНОСТЬЮ 0,1—100 *квт*

короткозамкнутый $\frac{\text{Фазный}}{\text{Наименование машины}}$ 50 *гц* заводизготовитель

Тип, *квт*	Заводской №	Ремонтный №	
		а	*обмотки*
$l =$	$l_i = l - 0{,}5 \cdot n_c b$		n
$n_c =$	; $b_c =$ $D =$	l	
$b_z =$	; $b_{z_1 ср} =$		
$z_1 =$	; $y =$; $k_{з.н} = 0{,}39$ — 0,42 —		
$B_\delta =$	δ		

$k_{з.н} = 0{,}66—0{,}85$ для двухполюсной машины;
$k_{з.н} = 0{,}75$ 0,85 для всех остальных машин.



№ п/п	Расчетная формула	После ремонта
1	$2p = \frac{600f}{n}$	
2	$N_{ф\phi} = \frac{1{,}43u_1 \cdot 2p \cdot 10^3}{B_{z_1} t_{z_1} D l_i}$	
3	$B_{z_1} = \frac{3{,}3B_\delta Dl}{z_1 b_{z_1 ср} l_i}$	
4	$B_a = \frac{1{,}1B_\delta Dl}{2p \cdot h_a l_i}$	
5	$l_a = \pi \cdot \frac{D - 2h_{z_1} + h_a}{4p}$	
6	$F_a = H_a \cdot l_a$, H_a берется по таблице	
7	$F_{z_1} = H_z h_{z_1}$; H_z берется по таблице	

№ п/п	Расчетная формула	После ремонта
8	$F_\delta = \delta l_\delta$	
9	$\Sigma F_\delta = F_\delta + 1{,}5(F_{z_1} + F_a)$	
10	$I_{0X} = \frac{0{,}82I \cdot \Sigma F_\delta}{N_{ф\phi} \frac{z_1}{G}}$	
11	$I_{0\Delta} = \frac{1{,}42I \cdot \Sigma F_\delta}{N_{ф\phi} \frac{z_1}{G}}$	
12	$Q_n = h \cdot b_1$	

* Величина I_0 должна быть меньше I_0 предельного, взятого по таблице I_0/I_n

** Все размеры в сантиметрах.

Формуляр расчета электродвигателей переменного тока 0,1—100 *квт*

Продолжение

№ п/п	Расчетная формула	После ремонта
13	$Q_n = \left(h - \frac{d_2}{2}\right)\left(\frac{d_1 + d_2}{2}\right) + \left(\quad\right)\left(\quad\right) + \frac{Q_{d_1}}{2}$	
14	$Q_n = \left(h - \frac{d_1 + d_2}{2}\right)\left(\frac{d_1 + d_2}{2}\right) + \left(\quad\right)\left(\quad\right) + \frac{Q_{d_1} + Q_{d_2}}{2}$ Q_{d_1} и Q_{d_2} — площади кругов с диаметром d_1 и d_2	
15	$N = N_{ф\phi} \cdot a \cdot m$	
16	$q_{1ш} = \frac{Q_n K_{з.н}}{N}$ по $q_{1ш}$ находится $d_{1ш}$, $d_1 q_1$ — по таблице	
17	$I_{ф\Delta} = \frac{P}{1{,}73 \cdot U \cdot \eta \cdot \cos\varphi}$	
18	$I_{ф} = \frac{P}{3U \eta \cdot \cos\varphi}$ значения η и $\cos\varphi$ табл. 1-2	
19	$\Delta_1 = \frac{I_ф}{q_1}$	

№ п/п	Расчетная формула	После ремонта
	Обмотка однослойная	
20	$M = 3p$	
21	$q = \frac{z_1}{6p}$	
22	$k_{ш} = \frac{\frac{z_1}{3p} + 1}{}$	
23	$a = p$; $a = 2p$; где k — целое число	
	Обмотка двухслойная	
24	$M = 6p$	
25	$q = \frac{z_1}{6p}$	
26	$y = \frac{z}{2p} \cdot k_y$	
27	$a = 2p$; $d = k \cdot 2p$, где k — целое число	
	при $q = b\frac{c}{d}$ (дробное q)	
28	$a = 3(bd + c)$	

Обозначения к формуляру расчета

1	l [*см*] — длина сердечника полная
2	l_i [*см*] — расчетная длина сердечника
3	n_s — число вентиляционных каналов
4	b_s [*см*] — ширина вентиляционного канала
5	D [*см*] — диаметр расточки
6	h_a [*см*] — высота ярма (спинки)
7	b_z [*см*] — ширина зубца
8	$b_{z\text{ср}}$ [*см*] — средняя ширина зубца в случае неравномерного сечения
9	z — число пазов
10	y — шаг обмотки по пазам
11	$K_{з.п}$ — коэффициент заполнения паза
12	B_δ [*гс*] — магнитная индукция в воздушном зазоре
13	z [*см*] — воздушный зазор
14	k_y — коэффициент укорочения
15	p — число пар полюсов
16	n — число оборотов в минуту
17	$N_{эф\phi}$ — число эффективных проводов в пазу
18	U_ϕ [*в*] — фазное напряжение
19	B_z [*гс*] — магнитная индукция в зубцах
20	B_a [*гс*] — магнитная индукция в ярме (спинке)
21	l_a [*см*] — расчетная длина магнитных силовых линий в спинке статора
22	F_a — н. с. ярма (спинки)
23	F_z — н. с. зубцов
24	H_a — напряженность магнитного поля ярма (спинки)
25	H_z — напряженность магнитного поля зубцов
26	ΣF_0 — суммарная н. с. холостого хода
27	I_{0Y} [*а*] — ток холостого хода при соединении обмотки статора звездой
28	$I_{0\Delta}$ [*а*] — ток холостого хода при соединении обмотки статора треугольником
29	$Q_п$ [*мм²*] — площадь сечения паза
30	h [*мм*] — высота паза до клина
31	h_z [*мм*] — высота паза полная
32	b_1 [*мм*] — ширина паза (d прямоугольного паза)
33	$d_{1,2}$ [*мм*] — диаметр окружности см. эскизы
34	N — число проводов в пазу

35	a — число параллельных ветвей
36	m — число параллельных проводов
37	$d/d_{из}$ [*мм*] — диаметр провода голого изолированного
38	$q/q_{из}$ [*мм²*] — сечение провода голого изолированного
39	$I_{\phi Y}$ [*а*] — фазный ток при соединении звездой
40	$I_{\phi\Delta}$ [*а*] — фазный ток при соединении треугольником
41	P [*квт*] — мощность двигателя
42	U [*в*] — линейное напряжение
43	η [%] — к. п. д.
44	$\cos\varphi$ — коэффициент мощности
45	M — число катушечных групп
46	q — число пазов на полюс и фазу
47	$y_{вн}$ — шаг по пазам внутренней катушки при концентрической обмотке
48	Δ [*а/мм²*] — плотность тока

Примечание. Индекс 1 относится к статору; индекс 2 — к ротору

ПРИЛОЖЕНИЕ III

ФОРМУЛЯР ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

_____фаз; завод-изготовитель _____

Тип_____Заводской №_____

Мощность_____*квт/кса* Напряжение_____ *в*

*об/мин*_____ *а*_____

Ротор (фазный) *в*_____ *а*_____

$a_i = 0{,}69$ для асинхронных двигателей;

$$l_i = l - 0{,}5\, n_s b_s = $$

$$= 0{,}5 \times = ; \quad l_1 = l - n_s b_s = - \times = ;$$

$$t_{z_1} = \frac{\pi D_1}{z_1} = \frac{3{,}14}{Z_1} = ; \quad t_{z_2} = \frac{\pi D^2}{Z_2} = \frac{3{,}14}{Z_2} = ;$$

$$b_{z_1} = t_{z_1} - b_1 = - = ;$$

$$b_{z_2} = \frac{\pi (D_2 - 2h_z)}{Z_2} - b_2 = \frac{3{,}14(\ \ -2\ \ )}{Z_2} - = ;$$

$l_\phi = l$ — при соединении обмотки звездой и $l_\phi = \frac{l}{\sqrt{3}}$ — при соединении обмотки в треугольник; ток ротора и напряжение на кольцах определяются по паспорту машины.

№ п/п.	Формула расчета	До ремонта	После ремонта
1	$S_n = \frac{h^1}{m}$	_____ =	_____ =
2	$\omega_\phi = \frac{S_n z}{6 \cdot 2a}$	$\frac{\times}{6\times}$ =	$\frac{\times}{6\times}$ =
3	$l_w = \frac{E_\phi}{\omega_\phi}$	_____ =	_____ =
4	$y_{диам} = \frac{z}{2p} =$	_____ =	_____ =
5	$\beta_y = \frac{y_{ук}}{y_{диам}}$		
6	k_1 берется по таблице	=	=
7	$\Phi = \frac{l_{z'} \cdot 10^8}{213\, k_1}$	$\frac{\times 10^8}{213\times}$ = $\times 10^8$	$\frac{\times 10^8}{213\times}$ = $\times 10^8$
8	$\tau = \frac{\pi D_1}{2p}$	$\frac{3{,}14\times}{\quad}$ =	$\frac{3{,}14\times}{\quad}$ =
9	$B_l = \frac{\Phi}{\alpha i l l_i}$	$\frac{\times 10^8}{\times\ \times}$ =	$\frac{\times 10^8}{\times\ \times}$ =
10	$B_{z_1} = \frac{B_l\, t_{z_1} l_i}{bz_1 k l_i}$	$\frac{\times\ \times}{\times\ \times}$ =	$\frac{\times\ \times}{\times\ \times}$ =
11	$B_{z_2} = \frac{B_l\, t_{z_1} l_i}{B_{z_1} k l_i}$	$\frac{\times\ \times}{\times\ \times}$ =	$\frac{\times\ \times}{\times\ \times}$ =
12	$B_{a_1} = \frac{\Phi}{2k l_1 h_a}$	$\frac{\times 10^8}{2\times\ \times\ \times}$	$2\times \frac{\times 10^8}{\times\ \times}$ =
13	$B_{a_2} = \frac{\Phi_3}{2k l_1 h_a}$	$\frac{\times 10^8 \times}{2\times\ \times\ \times}$ =	$\frac{\times 10^8 \times}{2\times\ \times\ \times}$ =
14	$S\Phi_1$		
15	$\Delta_i = \frac{I_\phi}{2am q_1}$	$\frac{\quad}{\times\ \times}$ =	$\frac{\quad}{\times\ \times}$ =
16	$A = \frac{6\omega_\phi I_\phi}{\pi D_1}$	$\frac{6\times\ \times}{3{,}14\times}$ =	$\frac{6\times\ \times}{3{,}14\times}$ =
17	$A\Delta_i$		
18	I_{ϕ_2}		
19	$\Delta_{i_2} = \frac{I_{\phi_2}}{2am q_2}$	$\frac{\quad}{\times\ \times}$ =	$\frac{\quad}{\times\ \times}$ =

ОБОЗНАЧЕНИЯ К ПОВЕРОЧНОМУ РАСЧЕТУ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

a — число параллельных ветвей

A — линейная нагрузка

α_i — отношение ширины теоретической полюсной дуги к полюсному делению

B_δ — максимальная магнитная индукция в воздушном зазоре

B_z — максимальная магнитная индукция в зубце

B_a — магнитная индукция в ярме

b — ширина паза

b_z — минимальная ширина зубца, *см*

b_s — ширина радиальных вентиляционных каналов, *см*

β_y — сокращение шага обмотки

C — показатель кратности обмотки

D — диаметр, *см*

Δ_i — плотность тока

E — номинальное напряжение машины

E_ϕ — фазное напряжение

e_w — вольт на виток расчетное

f — частота

h_a — высота ярма, *см*

h_z — высота зубца

I — номинальный ток

I_ϕ — фазный ток

k — коэффициент заполнения активной сталью сердечника

k_1 — коэффициент сокращения шага обмотки

l — полная длина сердечника, *см*

l_i — расчетная длина сердечника, *см*

l_1 — длина сердечника без вентиляционных каналов

m — число параллельных проводов

N — общее число эффективных проводов (якоря)

n — число оборотов в минуту

n_1 — общее число проводов в пазу

n_s — число радиальных вентиляционных каналов

p — число пар полюсов машины

q — сечение одного проводника, *мм²*

$s_\text{п}$ — число эффективных проводов в пазу

σ — коэффициент рассеяния

t_z — зубцовый шаг, *см*

τ — полюсное деление, *см*

Φ — магнитный поток

ω — число эффективных витков в одной параллельной ветке

ω_ϕ — число эффективных витков в фазе

$y_{диам}$ — диаметральный (полный) шаг обмотки, выраженный числом пазов

$y_{ук}$ — укороченный шаг обмотки, выраженный числом пазов

z — число пазов

Примечания: 1. Индекс 1 относится к статору индекс 2 – к ротору или якорю.

2. k_1 — для лакированной стали 0,95;

k_2 — для бумажной изоляции 0,9;

k_3 — для литых деталей 1

Таблица значений коэффициента укорочения шага обмотки — k_y

Сокращение шага обмотки β_y	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	1,0	0,997	0,988	0,972	0,951	0,924	0,891	0,853	0,809	0,76	0,707

Примечание. При промежуточных значениях β_y коэффициент — K_1 определяется интерполяцией или по формуле $K_1 = \sin(\beta_y \cdot 90)°$.

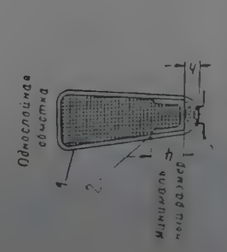
ПРИЛОЖЕНИЕ IV

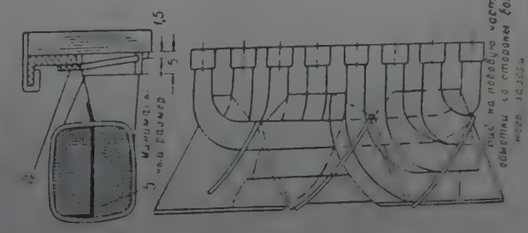
КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИЙ А и АО МОЩНОСТЬЮ 0,6—7 *квт*, НАПРЯЖЕНИЕМ до 500 *в*

Изоляция класса А. Обмотка однослойная всыпная

Обмоточный провод марки ПЭЛБО. Размеры в *мм*

№ поз.	Наименование	Материал и технологическая обработка	Двусторонняя толщина пазов от изоляции					
			Тип 30		Тип 40		Тип 50	
			Высота	Ширина	Высота	Ширина	Высота	Ширина
		Изоляция пазовой части						
1	Коробка пазовая	Два слоя триацетатного (специального электрокартона, обклеенный с двух сторон триацетатной пленкой)	0,3	0,6	0,4	0,8	0,5	1,0
2	Крышка пазовая	Предварительно согнуть соответственно форме паза	0,3	0,6	0,4	0,8	0,5	1,0
3	Клин пазовый	Клинья из твердого дерева березы 1-го сорта пропитать и просушить	$h = 2,5$		$h = 2,0$		$h = 2,5$	
		Изоляция лобовых частей						
4	Изоляционная прокладка	Один слой электрокартона толщиной 2 *мм*						
5	Прокладка между фазами	Нарезку толщиной 0,8 проложить между катушками соседних фаз						
6	Бандаж	Хлопчатобумажная или шелковая лента по эскизу соединения катушечных групп пропитать линоксиновыми трубками и взять под бандаж						
		Пропитка и лакировка						
	Статор с обмоткой	Статор высушить в печи, 2 раза пропитать в лаке печной сушки № 458, сушить в печи 8 ч после каждой пропитки Лобовые части обмотки пульверизовать фенольным лаком, сушить на воздухе						

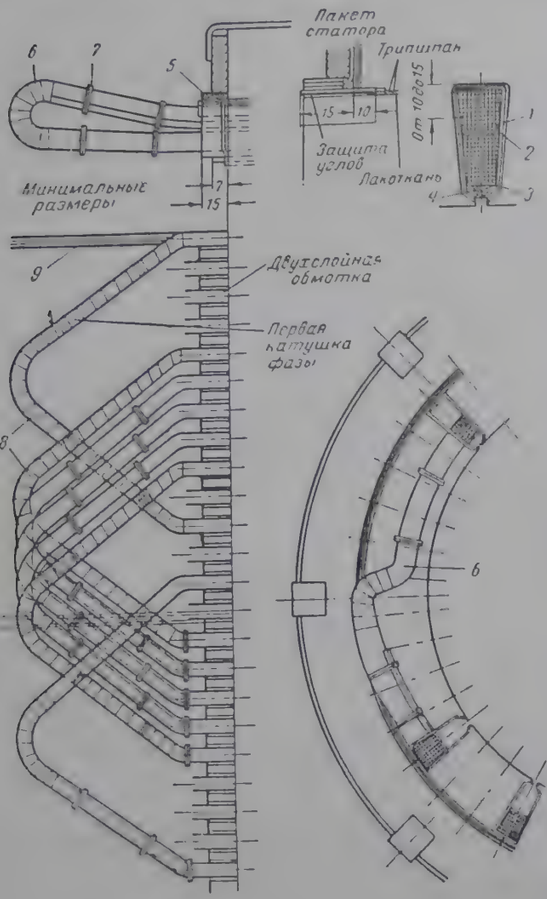




ПРИЛОЖЕНИЕ V

КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИЙ А и АО МОЩНОСТЬЮ до 100 *квт*, НАПРЯЖЕНИЕМ до 500 *в*

Изоляция класса А. Обмотка двухслойная всыпная. Обмоточный провод марки ПЭЛБО. Размеры, *мм*



Изоляция пазовой части обмотки

№ поз	Наименование	Материал и технология обработки	Двусторонняя толщина пазовой изоляции: по высоте	по ширине
1	Пазовая коробочка	Два слоя триашпана (специальный прессшпан, обклеенный с двух сторон треацетатной пленкой) толщиной 0,3 предварительно согнуть соответственно форме паза	1,2	1,2
		В нижней части паза проложить полоску лакоткани толщиной 0,2 (см. эскиз вверху листа) и обогнуть концы ее вокруг торцов пазовой коробочки для механической защиты углов	0,2	

Продолжение

№ поз	Наименование	Материал и технология обработки	Двусторонняя толщина пазовой изоляции: по высоте	по ширине
2	Межслойная прокладка	Два слоя триашпана толщиной 0,3 предварительно согнуть	0,6	
3	Прокладка под клин	Один слой электрокартона толщиной 0,5 предварительно согнуть	0,5	
4	Клин пазовый	Твердое дерево пропитать в олифе	3,5	
		Итого	6,0	1,2

Изоляция лобовых частей обмотки

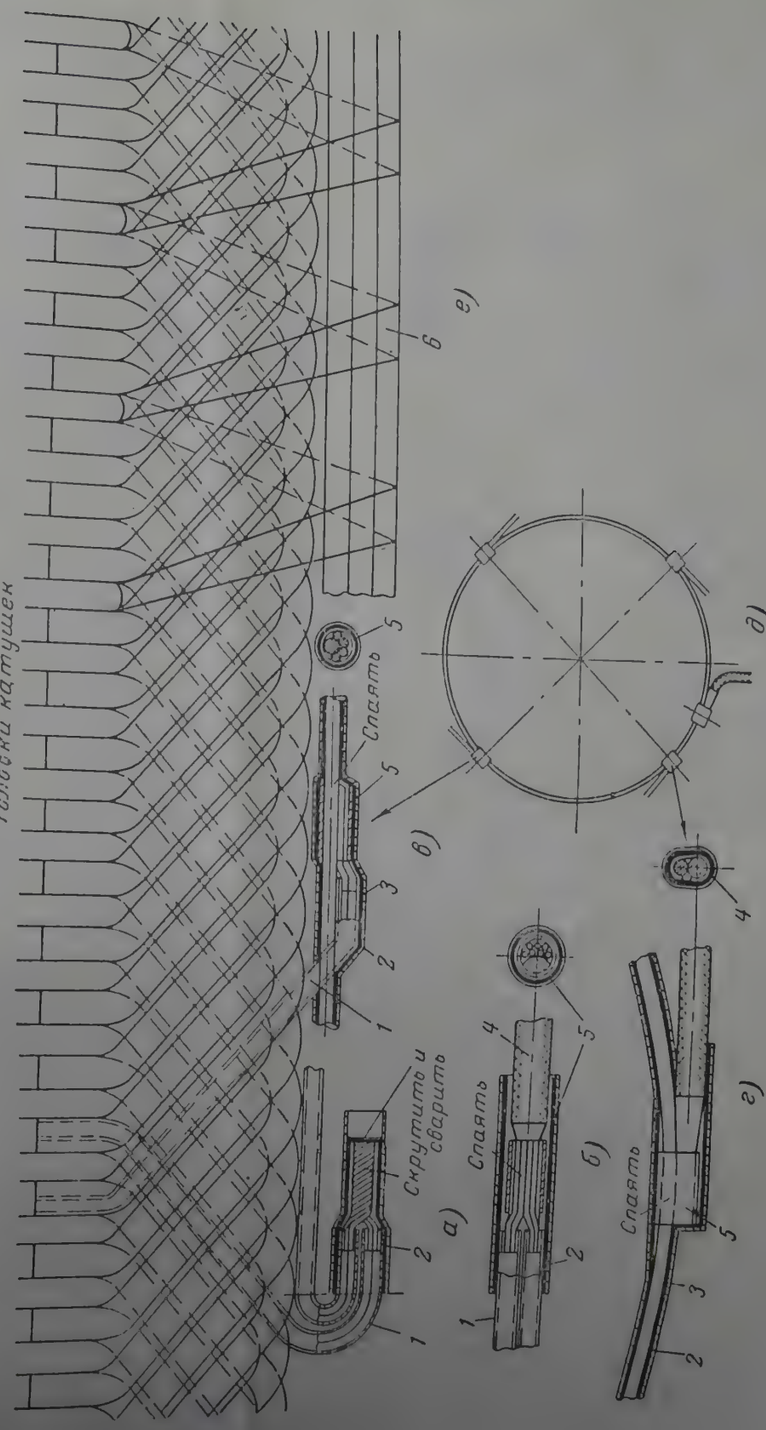
№ поз	Наименование	Материал и технология обработки
5	Изоляционные прокладки	Пространство между нажимным кольцом и пазовой коробочкой заполнить прессшпаном, проклеить лаком
6	Головки лобовых частей	Головки лобовых частей после намотки катушек изолировать хлопчатобумажной или шелковой лентой 0,1×16 и придать форму соответственно чертежу
7	Плечи лобовых частей	Плечи лобовых частей каждой катушки после укладки ее в паз перевязать в верхнем слое хлопчатобумажной или шелковой лентой 0,5×5, а к нижнему слою подвязать выступающие из паза удлиненные концы междуслойной прокладки
8	Крайние катушки фаз	Лобовые части первых катушек каждой фазы изолировать после укладки одним слоем лаколенты 0,2×25 и одним слоем хлопчатобумажной или шелковой ленты 0,1×16 в полнахлеста
9	Бандаж	Хлопчатобумажная или шелковая лента по эскизу, соединения катушечных групп изолировать линоксиновыми трубками и взять под бандаж

Пропитка и лакировка

10	Статор с обмоткой	Статор высушить в печи, пропитать в лаке печной сушки № 458, сушить в печи 8 *ч*, повторно пропитать в лаке № 458, сушить в печи 8 *ч*

ПРИЛОЖЕНИЕ VI

ИЗОЛЯЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ И ВЫВОДНЫХ КОНЦОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ до 100 *квт*, НАПРЯЖЕНИЕМ до 500 *в*. ИЗОЛЯЦИЯ КЛАССА А

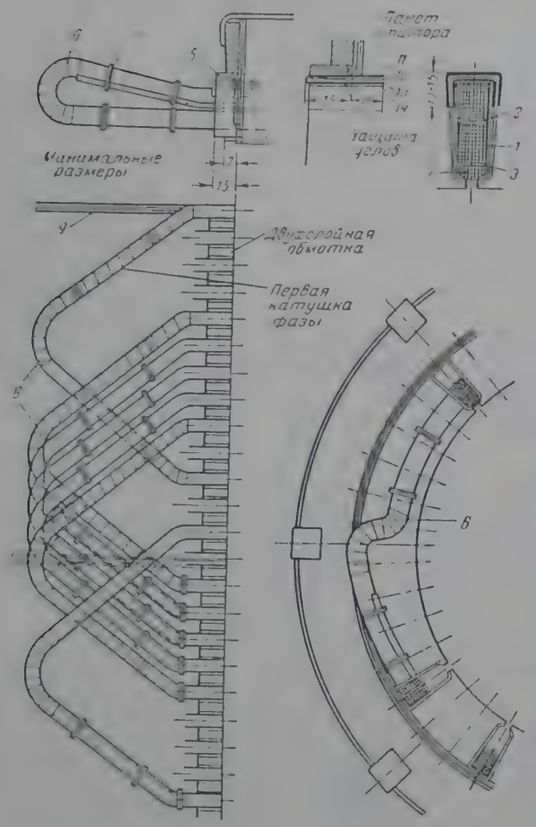


1 — межкатушечные соединения; *2* — соединение катушки с выводным кабелем; *3* — соединение катушек с кольцевым проводом; *4* — соединение кольцевого провода с выводным кабелем; *5* — изоляция кольцевого провода; *6* — бандажировка соединений.

ПРИЛОЖЕНИЕ VII

КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИЙ А и АО МОЩНОСТЬЮ от 40 до 100 *квт*, НАПРЯЖЕНИЕМ до 500 *в*, 1 500 *об/мин*

Изоляция класса В. Обмотка двухслойная. Обмоточный провод марки ПСД или ПДА. Размеры, *мм*



Продолжение

№ поз.	Наименование	Материал и технология обработки	Двусторонняя толщина пазовой изоляции: по высоте	по ширине
2	Междуслойная прокладка	Микаэлектрокартон толщиной 0,5 предварительно согнуть	0,5	—
3	Подкладка под клин	Электрокартон толщиной 0,5 предварительно согнуть	0,5	—
1	Клин пазовый	Текстолит	3,5	—
		Итого	5,9	2,2

Изоляция лобовых частей

№ поз.	Наименование	Материал и технология обработки
5	Изоляционные прокладки	Пространство между нажимным кольцом и пазовой коробочкой заполнить прессшпаном, проклеить лаком
6	Головки лобовых частей	Головки лобовых частей после намотки катушек изолировать стеклолентой 0,15×16 и придать форму соответственно эскизу
7	Плечи лобовых частей	Плечи лобовых частей каждой катушки после укладки ее в паз перевязать в верхнем слое стеклолентой 0,2×5, а к нижнему слою подвязать выступающие из паза удлиненные концы междуслойной прокладкой
8	Крайние катушки фаз	Лобовые части первых катушек каждой фазы изолировать после укладки одним слоем стеклолаколенты 0,2×25 и одним слоем стеклоленты 0,15×16 вполнахлеста
9	Бандаж	Стеклолента 0,15×16 наложить соответственно эскизу, соединения катушечных групп изолировать стеклотканевыми (или лиоксиновыми) трубками и взять под бандаж
		Пропитка и лакировка
10	Статор с обмоткой	Статор высушить в печи, пропитать в лаке печной сушки № 458, сушить в печи 8 *ч*, повторно пропитать в лаке № 458, сушить в печи 8 *ч* Лобовые части обмотки пульверизировать спиртовым лаком, сушить на воздухе 2 *ч*, пульверизировать серой эмалью, сушить на воздухе 2 *ч*

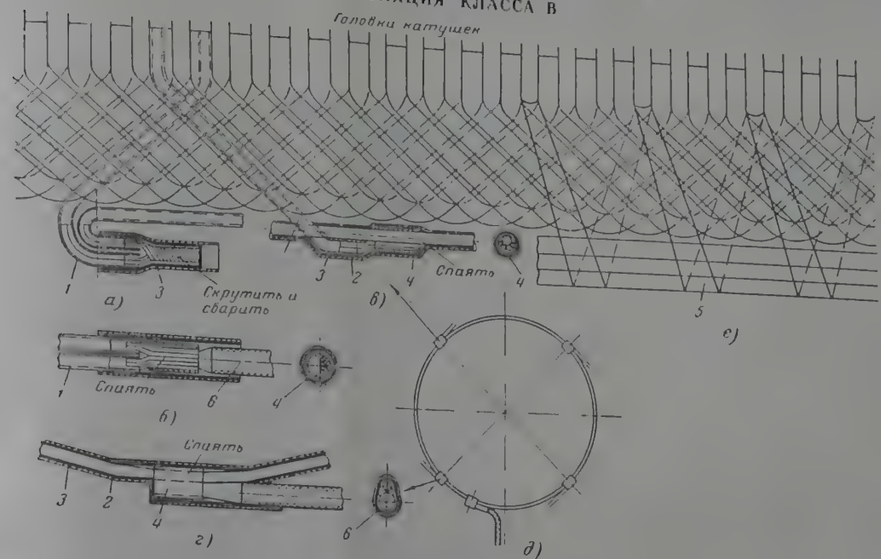
Изоляция пазовой части обмотки

№ поз.	Наименование	Материал и технология обработки	Двусторонняя толщина пазовой изоляции: по высоте	по ширине
1	Пазовая коробочка	Электрокартон толщиной 0,2 Гибкий миканит толщиной 0,2 Электрокартон толщиной 0,2 предварительно согнуть соответственно форме паза В нижней части паза проложить полоску стеклолакоткани толщиной 0,2 (см. эскиз вверху листа) и обогнуть концы ее вокруг торцов пазовой коробочки для механической защиты углов	1,2 0,2	1,2
11	электрокартон			
12	гибкий миканит			
13	стеклолакоткань			
14	электрокартон			

ПРИЛОЖЕНИЕ VIII

ИЗОЛЯЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ И ВЫВОДНЫХ КОНЦОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ до 100 *квт*, НАПРЯЖЕНИЕМ до 500 *в*

ИЗОЛЯЦИЯ КЛАССА В



Продолжение

№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
а	Межкатушечные соединения	*г*	Соединение кольцевого провода с выводным кабелем
б	Соединение катушки с выводным кабелем	*д*	Изоляция кольцевого провода
в	Соединение катушек с кольцевым проводом	*е*	Бандажировка соединений

1—стеклотканевая трубка; *2*—стеклолента или микалента; *3*—стеклолаколенга; *4*—выводной кабель; *5*—соединительный хомутик; *6*—стеклолента или стеклошнур. Соединения подвязать к лобовым частям катушек бандажом.

ПРИЛОЖЕНИЕ IX

ПРИМЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ОБМОТКИ СТАТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ СЕРИИ МА-200

№ п/п.	Наименование укрупненного приема	Инструмент	Способ выполнения приема
1	Выправить комплект катушек на один статор	—	Взять катушку правой рукой со стеллажа, перевести выводные концы вниз, чтобы они при укладке входили в паз первыми. Обеими руками выправить короткую сторону и повернуть на 180°, выправить длинную сторону. Отложить катушку на стеллаж
2	Вставить гильзу из электрокартона в первый паз шага катушки	Фибровая пластинка	Взять заготовку гильзы, перегнуть и правой рукой вставить в начало паза, после чего левой рукой, введенной через внутреннее отверстие статора, протянуть гильзу через всю длину паза. Правой рукой вставить фибровую пластинку в гильзу
3	Вставить гильзу из электрокартона в последний паз шага катушки	—	Способ выполнения такой же, только без вставки фибровой пластины
4	Вложить в паз короткую сторону катушки	Фибровая пластинка	Взять катушки в правую руку и пальцами расправить витки короткой стороны в одну плоскость. Расположить катушку короткой стороной под углом к началу паза. Правой рукой вынуть из пазовой гильзы фибровую пластинку и ввести в начало паза расправленные витки катушки частями в три-четыре приема. Левой рукой, введенной через внутреннее отверстие статора, протянуть катушку через весь паз влево. Непрерывно вкладывая катушку левой рукой, ввести в паз все витки короткой

Продолжение приложе. IX

	Наименование укрупненного приема	Инструмент	Способ выполнения приема
			стороны с помощью фибровой пластинки. После укладки всех витков в паз вставить фибровую пластинку в пазовую гильзу последнего паза шага катушки. Отогнуть лобовую часть гильзы последнего паза шага катушки наружу от внутреннего отверстия статора
5	Оборвать выступающую из паза часть гильзы	—	Взять левой рукой выступающую часть гильзы и движением справа налево оборвать
6	Закрыть паз коробочкой и одновременно уплотнить витки	Молоток, оправка	Взять оправку в левую руку, вставить ее в начало паза, перекрыв одну сторону коробочки. Чтобы оправка при продвижении по пазу не повредила изоляцию, наклонять ее таким образом, чтобы передний конец осадочной площадки был выше, а задний скользил по задней стороне коробочки. Продвигать левой рукой оправку слева направо по пазу и постукивать по ней молотком, находящимся в правой руке. Закрыв одну сторону коробочки, перекрыть оправкой вторую сторону и, аналогично продвигая оправку справа налево, закрыть вторую сторону коробочки
7	Вложить прокладку в паз	—	Взять правой рукой прокладку, вставить и протолкнуть в паз
8	Заклинить паз деревянным клином	Молоток, деревянная отбивалка	Взять деревянный клин левой рукой и, поддерживая его, направить в паз. Ударом молотка, находящегося в правой руке, забивать клин в паз, пока конец клина не достигнет уровня лобовой части катушки. Взять деревянную отбивалку в левую руку, приложить к торцу клина прямоугольным концом и ударом молотка по отбивалке загнать клин в паз окончательно
9	Срезать завязки катушки	Нож	Передвинуть завязку слева направо до выводных концов (вплотную к другой завязке), взять нож правой рукой и срезать одновременно две завязки
10	Вложить длинную сторону катушки пластин в последний паз шага	Фибровая пластинка, оправа, молоток	Вынуть из пазовой гильзы фибровую пластину. Отделяя по три-четыре проводника длинной стороны катушки правой рукой, расправлять их в одну плоскость левой рукой. Правой рукой вводить витки в паз с помощью фибровой пластинки. После укладки двух третей проводников уплотнить их в пазу оправкой, уложив все проводники катушки, оставить фибровую пластину в пазу. Вынуть фибровую пластинку из паза и вторично уплотнить оправкой проводники катушки
11	Оборвать выступающую из паза часть гильзы	—	Взять левой рукой выступающую часть гильзы и движением справа налево оборвать
12	Закрыть паз коробочкой	—	Выполняется аналогично приему 6
13	Вложить прокладку в паз	—	Выполняется аналогично приему 7
14	Заклинить паз деревянным клином	—	Выполняется аналогично приему 8
15	Поднять лобовую часть катушки	Стержень	Взять стержень правой рукой, продвинуть его под лобовую часть катушки и, уперев в цилиндрическую поверхность статора, приподнять лобовую часть катушки
16	Вложить межфазовую изоляцию	—	Взять правой рукой межфазовую изоляцию и обеими руками уложить ее под приподнятую лобовую часть катушки
17	Отбить лобовую часть катушки	Деревянная отбивалка, молоток	Взять в левую руку отбивалку, а в правую молоток. Положить отбивалку на угол катушки и ударом молотка по отбивалке оттянуть угол. Повернуть отбивалку в руке на 180°, наложить отбивалку на лобовую часть прямоугольным концом и двумя-тремя ударами молотка по отбивалке окончательно отбить лобовую часть катушки
18	Поднять вторую лобовую часть катушки	—	Выполняется аналогично приему 15
19	Увязать катушку лентой и изолировать выводные концы	Стержень	Взять в правую руку стержень и ленту, подвести ленту под катушку и, придерживая ее пальцами правой руки, взять левой рукой конец ленты и вытянуть. Закрепить конец ленты между витками катушки правой рукой с помощью стержня и обернуть ее вокруг лобовой части правой рукой, левой рукой прижать ленту к катушке, а правой затянуть ленту. Перевести левой рукой вывод от конца катушки направо, аналогично обернуть лентой лобовую часть и вывод от начала и изолировать. Перевести начало второго выводного конца катушки направо на ленту, после чего аналогично обернуть лентой лобовую часть катушки и начало обоих выводных концов. Завязать ленту окончательно
20	Вложить межфазовую изоляцию	—	Выполняется аналогично приему 16
21	Отбить лобовую часть катушки	—	Выполняется аналогично приему 17

ПРИЛОЖЕНИЕ X

ОБМОТОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДВУХСЛОЙНОЙ ТРЕХФАЗНОЙ ОБМОТКИ ПРИ ШЕСТИ ФАЗНЫХ ГРУППАХ НА ПАРУ ПОЛЮСОВ („ШЕСТИДЕСЯТИГРАДУСНАЯ ФАЗНАЯ ЗОНА")

Число пазов на полюс и фазу	Шаг обмотки по пазам											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,866	1,0	0,866									
11/10	0,778	0,946	0,903									
11/9	0,766	0,941	0,915	0,695								
11/8	0,732	0,924	0,942	0,783								
11/7	0,711	0,910	0,951	0,829								
13/10	0,689	0,893	0,954	0,863								
13/9		0,869	0,954	0,903	0,722							
12/5		0,861	0,953	0,913	0,747							
11/2		0,831	0,945	0,945	0,831							
13/5		0,795	0,923	0,954	0,883	0,718						
15/8		0,786	0,917	0,954	0,893	0,740						
17/10		0,762	0,901	0,955	0,919	0,806						
13/7		0,747	0,890	0,953	0,932	0,826						
11/5		0,732	0,877	0,949	0,911	0,853	0,695					
17/8		0,710	0,859	0,941	0,950	0,886	0,753					
19/10		0,703	0,852	0,937	0,952	0,894	0,770					
2		0,683	0,837	0,933	0,966	0,933	0,837	0,683				
21/10			0,802	0,905	0,952	0,940	0,870	0,747				
21/9			0,796	0,901	0,951	0,944	0,880	0,762				
21/8			0,778	0,887	0,946	0,951	0,903	0,801	0,659			
21/7			0,766	0,877	0,941	0,954	0,915	0,827	0,695			
23/10			0,754	0,867	0,935	0,955	0,923	0,848	0,727			
23/9			0,737	0,852	0,926	0,955	0,937	0,875	0,779			
22/5			0,732	0,847	0,923	0,954	0,941	0,883	0,782	0,645		
21/2			0,711	0,829	0,910	0,951	0,951	0,910	0,829	0,711		
23/5			0,689	0,807	0,893	0,943	0,954	0,927	0,863	0,764		
25/8			0,682	0,802	0,889	0,941	0,955	0,931	0,870	0,775	0,650	
27/10			0,669	0,786	0,877	0,933	0,955	0,941	0,891	0,808	0,695	
23/4				0,778	0,869	0,928	0,954	0,946	0,903	0,827	0,722	
21/5				0,769	0,861	0,923	0,953	0,949	0,913	0,844	0,747	
27/8				0,754	0,848	0,913	0,948	0,953	0,925	0,867	0,780	0,6[illegible]
29/10				0,750	0,843	0,910	0,947	0,954	0,929	0,874	0,790	0,681
3				0,735	0,841	0,902	0,945	0,960	0,945	0,902	0,831	0,735

Примечание. При трехфазных группах на пару полюсов („шестидесятиградусная фазная зона") все вышеуказанные обмоточные коэффициенты необходимо умножить на 0,[illegible]

Шаг обмотки

Число пазов на полюс и фазу	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
[illegible]	0,735	0,841	0,90[illegible]	0,945	0,960	0,945	0,902	0,831	0,735							
3 1/10	0,711	0,811	0,884	0,932	0,954	0,948	0,916	0,857	0,775	0,670						
3 1/5	0,710	0,805	0,882	0,930	0,953	0,950	0,920	0,864	0,784	0,682						
3 1/3	0,697	0,794	0,870	0,923	0,951	0,953	0,930	0,882	0,811	0,718						
3 1/4	0,689	0,787	0,861	0,917	0,948	0,954	0,936	0,891	0,827	0,740						
3 3/10	0,681	0,778	0,850	0,912	0,946	0,955	0,941	0,903	0,842	0,760	0,659					
3 2/5	0,669	0,766	0,841	0,905	0,940	0,955	0,946	0,915	0,862	0,787	0,695					
3 1/2		0,762	0,841	0,901	0,939	0,955	0,948	0,919	0,868	0,795	0,706					
3 3/5		0,747	0,829	0,890	0,932	0,953	0,953	0,932	0,890	0,828	0,747					
3 7/10		0,732	0,813	0,877	0,923	0,945	0,955	0,941	0,907	0,853	0,782	0,695				
3 3/4		0,710	0,792	0,859	0,908	0,941	0,955	0,950	0,927	0,886	0,807	0,753				
3 4/5		0,703	0,785	0,852	0,904	0,937	0,954	0,952	0,932	0,894	0,840	0,770	0,685			
4		0,677	0,760	0,892	0,865	0,925	0,949	0,958	0,949	0,925	0,885	0,829	0,760			
4 1/10			0,731	0,802	0,860	0,905	0,936	0,952	0,954	0,919	0,912	0,870	0,814			
4 1/4			0,[illegible]	0,795	0,855	0,901	0,933	0,951	0,955	0,911	0,919	0,880	0,811			
4 3/10			0,707	0,778	0,830	0,887	0,924	0,945	0,955	0,951	0,833	0,902	0,859			
4 1/2			0,695	0,766	0,827	0,877	0,915	0,941	0,954	0,954	0,941	0,915	0,877			
4 7/10			0,682	0,752	0,811	0,867	0,907	0,935	0,951	0,955	0,946	0,925	0,892			
4 4/5				0,737	0,800	0,852	0,894	0,926	0,946	0,955	0,952	0,937	0,912			
[illegible]				0,731	0,791	0,847	0,887	0,922	0,944	0,954	0,953	0,941	0,917			
5				0,711	0,774	0,829	0,874	0,910	0,936	0,951	0,957	0,951	0,936			
5 1/10				0,682	0,747	0,802	0,850	0,889	0,919	0,941	0,951	0,955	0,947			
5 1/5				0,669	0,731	0,788	0,836	0,877	0,909	0,933	0,945	0,955	0,952			
5 1/3				0,659	0,722	0,778	0,827	0,869	0,902	0,928	0,945	0,954	0,954			
5 2/5					0,698	0,754	0,804	0,848	0,884	0,913	0,935	0,948	0,955			
5 4/5					0,693	0,750	0,800	0,844	0,881	0,910	0,933	0,947	0,954			
6					0,676	0,732	0,783	0,828	0,867	0,898	0,924	0,942	0,953			
6 1/5					0,658	0,714	0,765	0,811	0,850	0,884	0,911	0,932	0,945			
6 2/5					0,656	0,710	0,761	0,806	0,846	0,882	0,908	0,930	0,945			
6 3/5						0,692		0,794		0,870		0,923				
6 4/5						0,689		0,787		0,863		0,917				
7						0,681	0,732	0,778	0,819	0,856	0,887	0,912	0,932			
7 2/5						0,669	0,711	0,766	0,808	0,845	0,877	0,905	0,925			
8								0,747		0,828		0,830				

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0,677												
0,747												
0,762												
0,803												
0,827												
0,848	0,792	0,727										
0,875	0,827	0,779	0,703									
0,882	0,831	0,782	0,718	0,645								
0,910	0,814	0,829	0,774	0,711								
0,931	0,905	0,870	0,827	0,775	0,716	0,653						
0,941	0,920	0,891	0,853	0,808	0,755	0,695						
0,945	0,928	0,902	0,869	0,827	0,778	0,722	0,659					
0,953	0,933	0,925	0,900	0,867	0,827	0,780	0,727	0,668				
0,954	0,945	0,929	0,901	0,874	0,836	0,790	0,739	0,681				
0,956	0,953	0,942	0,924	0,896	0,867	0,828	0,783	0,732	0,676			
0,954	0,955	0,948	0,936	0,916	0,890	0,857	0,814	0,775	0,725	0,670		
0,953	0,955	0,950	0,948	0,920	0,895	0,864	0,827	0,784	0,795	0,682		
0,951	0,953	0,953		0,930		0,882		0,811		0,718		
0,948		0,951		0,936		0,894		0,827		0,740		
0,946	0,953	0,955	0,951	0,940	0,924	0,903	0,875	0,842	0,804	0,760	0,711	0,650
0,940	0,951	0,955	0,953	0,946	0,933	0,915	0,891	0,862	0,827	0,787	0,738	0,642
0,932		0,953		0,953		0,942		0,890		0,828		0,74[illegible]

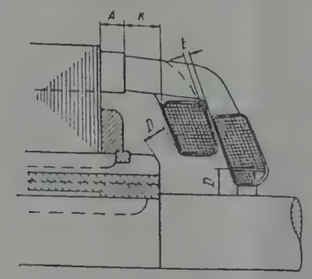
ПРИЛОЖЕНИЕ XI

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ МНОГОСКОРОСТНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Число скоростей	Число обмоток	Характер нагрузки	Принципиальная схема	Скорость	Линейные провода	Разомкнутые концы	Соединенные концы
2	1	Постоянная мощность		Низшая Высшая	1 6	2 3 4 5	4, 5, 6
2	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Высшая	1 6	2 3 4 5	1, 2, 3
3	1	Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 6	2 3 4 5	Без отводных 1, 2, 3 1, 2, 3
2	1	Постоянная мощность		Низшая Высшая	1 6	2 3 4 5	Без отводных 11, 12, 13 1, 2, 3
2	1	Постоянная мощность		Низшая Высшая	1 11	2 3 4 5	Без отводных 11, 12, 13 1, 2, 3
2	1	Постоянная мощность		Низшая Высшая	1 11	2 3 4 5	Без отводных 11, 12, 13 1, 2, 3
2	1	Постоянная мощность		Низшая Высшая	1 11	2 3 4 5	Без отводных 11, 12, 13 1, 2, 3
3	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 7 12	2 3 4 5	4, 5, 6, 7 1, 2, 3 1, 2, 3
3	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 7 12	2 4 12	Без отводных 1, 2, 3 1, 2, 3
3	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 7 12	2 4 12	Без отводных 1, 2, 3 1, 2, 3
3	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 7 12	2 4 12	Без отводных 1, 2, 3 1, 2, 3
3	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 7 12	2 4 12	Без отводных 4, 5, 6, 7 14, 15, 16, 17
3	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 7 12	2 4 12	Без отводных 4, 5, 6, 7 14, 15, 16, 17
3	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 7 12	2 4 12	Без отводных 4, 5, 6, 7 14, 15, 16, 17
3	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Средняя Высшая	1 7 12	2 4 12	Без отводных 4, 5, 6, 7 14, 15, 16, 17
4	1	Постоянная мощность		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17
4	1	Постоянная мощность Переменный вращающий момент		Низшая Вторая Третья Высшая	1 7 13 16	2 4 12 14	1, 2, 3, 7 11, 12, 13, 17

ПРИЛОЖЕНИЕ XII

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАССТОЯНИЯ ЛОБОВЫХ ЧАСТЕЙ ОДНОСЛОЙНЫХ КАТУШЕЧНЫХ РОТОРНЫХ ОБМОТОК



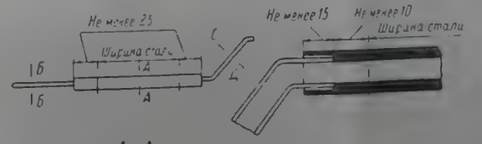
Напряжение ротора, *в*	Размеры, *мм*			
	A	*D*	*E*	*K*
До 120	10	6	6	8
121—220	12	6	8	10
221—380	15	8	10	12
381—800	20	10	12	15

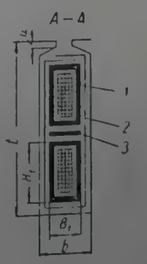
Если в связи с конструктивными особенностями при ремонте машины изоляционные расстояния не могут быть выдержаны, то в каждом отдельном случае снижение изоляционных расстояний допускается только после тщательной проверки.

ПРИЛОЖЕНИЕ XIII

КОНСТРУКЦИЯ УСИЛЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ РОТОРНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Напряжение между контактными кольцами до 300 *в*





Пазовая часть

№ поз.	Наименование	Двусторонняя толщина изоляции по ширине паза	Общая толщина изоляции по высоте паза
1	Лакированная бумага толщиной 0,7 *мм* 8 слоев	1,10	2,38
2	Электрокартон прессшпан 0,15 *мм* $^1/_4$ слоя с перекрытием на узкой стороне	0,3	0,45
3	Прокладка из электрокартона толщиной 0,5 *мм*	—	0,5
	Итого . . .	1,40	3,33

Продолжение приложения XII

Размер изолированного стержня в пазовой части	Предельное отклонение
По ширине (B_1)=медь+1,10 *мм*	+0,2
По высоте (H_1)=медь+1,19 *мм*	+0,2

Обмоточные размеры

По ширине $b=B_1$+выкладка паза 0,3+зазор не менее 0,3 *мм*;

По высоте (t)=$2H_1$+выкладка паза 0,45 *мм*+высота клина+зазор не менее 1,0 *мм*+прокладка между стержнями 0,5 *мм*

Размер b округлить до 0,1 *мм*; размер t — до 0,5 *мм*

Лобовая часть

№ поз.	Наименование	Двусторонняя толщина изоляции по ширине лобовой части
1	Микалента толщиной 0,13 *мм* вполнахлеста один слой	0,52
2	Лента батистовая толщиной 0,12 *мм* вполнахлеста один слой	0,48
	Итого . . .	1,00

Толщина изолированного стержня в лобовой части = = медь + изоляция лобовой части 1 *мм*+разбухание.

ПРИЛОЖЕНИЕ XIV

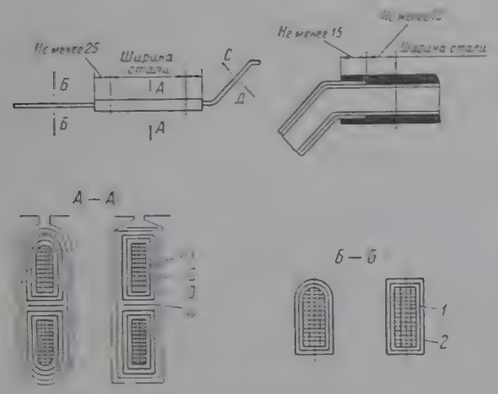
КОНСТРУКЦИЯ УСИЛЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ РОТОРНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Напряжение между контактными кольцами выше 300 до 500 *в*

Пазовая часть

№ поз.	Наименование	Односторонняя толщина изоляции по ширине паза, *мм*
1	Микалента 0,13 *мм* вполнахлеста	0,26
2	Лакированная бумага толщиной 0,07 *мм* 6 слоев	0,42

	Односторонняя толщина изоляции по ширине паза
Летероид или электрокартон толщиной 0,22 *мм*	0,2
Электрокартон пропитанный толщиной ≥ 0,5 *мм*	—
Итого . . .	0,88



	медь+1,36 *мм*
	+0,2 *мм*
	1,76 *мм*
	3,32 *мм*
	0,3 *мм*
	1,0 *мм*
	медь+1,76+0,3 *мм*

Лобовая часть

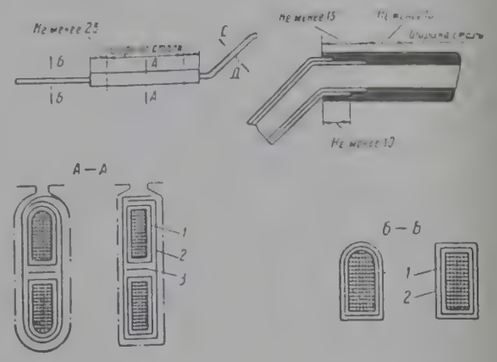
Микалента 0,13 *мм* вполнахлеста	0,26
2. Лента тафтяная 0,18 *мм* вполнахлеста	0,36
Итого	0,62
Двусторонняя толщина изоляции в лобовой части	1,24 *мм*
Размер изолированного стержня в лобовой части	=медь+1,24 *мм*

Примечание. Настоящие нормы применяются при ширине активной стали > 500 *мм* или $n = 3\,000$ *об/мин* или $v > 50$ *м/сек*.

Кроме того, усиленная изоляция применяется при работе машины в особых условиях (например, в сырых помещениях и пр.).

КОНСТРУКЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ РОТОРНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Напряжение выше 300 до 500 *в*



1. Лакированная бумага 0,07 10 слоев	0,7 *мм*
2. Летероид или электрокартон толщиной 0,4 *мм*	0,2
3. Электрокартон пропитанный толщиной ≥ 0,5 *мм*	—
Итого . .	0,9
	мм
Односторонняя толщина изоляции по ширине паза	медь+1,4 *мм*
Размер опрессованного стержня по ширине паза	+0,2 *мм*
Предельные отклонения для размера опрессованного стержня по ширине паза	1,8 *мм*
Двусторонняя толщина изоляции по ширине паза	3,4+толщина прокладки между стержнями
Общая толщина изоляции по высоте паза	0,3 *мм*
Двусторонний зазор по ширине паза	1 *мм*
Зазор по высоте паза	=медь+1,8+0,3 *мм*
Обмоточный размер паза по ширине	

Лобовая часть

1. Лента лакированная толщиной 0,2 *мм* вполнахлеста	0,4
2. Лента миткалевая толщиной 0,15 *мм* вполнахлеста	0,30
Итого . .	0,7
Односторонняя толщина изоляции	0,7 *мм*
Двусторонняя толщина изоляции в лобовой части	0,4 *мм*
Размер изолированного стержня	медь+1,4 *мм*

ОСНОВНАЯ КРИВАЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ

Сталь Э11

B, *гс*	*H*, *а/см*									
	0,2	100	200	300	400	500	600	700	800	900
4 000	1,4	1,43	1,45	1,49	1,52	1,55	1,58	1,61	1,64	1,67
5 000	1,71	1,75	1,79	1,83	1,87	1,91	1,95	1,99	2,03	1,07
6 000	2,11	2,16	2,21	2,26	2,31	2,36	2,41	2,46	2,51	2,66
7 000	2,61	2,66	2,71	2,76	2,81	2,87	2,93	2,99	3,06	3,12
8 000	3,18	3,24	3,30	3,37	3,44	3,52	3,60	3,69	3,78	3,87
9 000	3,97	4,07	4,17	4,27	4,37	4,47	4,58	4,69	4,80	4,91
10 000	4,02	5,14	5,27	5,41	5,55	5,70	5,85	6,00	6,15	6,31
11 000	6,47	6,64	6,82	7,01	7,20	7,39	7,59	7,79	8,00	8,21
12 000	8,43	8,65	8,91	9,18	9,46	9,76	10,1	10,4	10,7	11,0
13 000	11,4	11,8	12,2	12,6	13,0	13,4	13,8	14,3	14,8	15,3
14 000	15,8	16,4	17,1	17,8	18,6	19,5	20,5	21,5	22,6	23,8
15 000	25,0	26,4	27,9	29,5	30,1	32,8	34,6	36,6	38,8	41,2
16 000	43,7	46,3	49,1	52,2	55,3	58,8	62,3	66	69,8	73,7
17 000	77,8	82,0	86,3	90,7	96,3	101	106	111	116	122
18 000	128	134	142	146	152	159	166	173	180	188
19 000	197	206	216	226	236	246	256	268	282	296
20 000	310	325	343	365	390	420	455	495	545	595
21 000	655	725	800	880	950	1 010	1 120	1 200	1 280	1 360
22 000	1 440	1 520	1 600	1 680	1 760	1 840	1 920	2 000	2 080	2 160
23 000	2 240	2 320	2 400	2 480	2 560	2 640	2 720	2 800	2 880	2 960
24 000	3 040	3 120	3 200	3 280	3 360	3 440	3 520	3 600	3 680	3 760
25 000	3 840	3 920	4 000	4 080	4 160	4 240	4 320	4 400	4 480	4 560

B—магнитная индукция, *гс*.

КРИВАЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ ДЛЯ СПИНКИ СТАТОРА

Сталь Э11

B, *гс*	*H*$_a$, *а/см*									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1 000	0,37	0,39	0,413	0,438	0,46	0,48	0,5	0,52	0,54	0,56
2 000	0,57	0,59	0,6	0,62	0,63	0,65	0,67	0,68	0,7	0,71
3 000	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88
4 000	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,98	1,0	1,02	1,04	1,06
5 000	1,08	1,1	1,13	1,15	1,18	1,2	1,22	1,24	1,26	1,28
6 000	1,31	1,34	1,36	1,39	1,41	1,44	1,47	1,5	1,53	1,56
7 000	1,59	1,62	1,66	1,69	1,72	1,76	1,8	1,83	1,86	1,9
8 000	1,94	1,98	2,01	2,04	2,08	2,12	2,16	2,2	2,23	2,27
9 000	2,31	2,35	2,39	2,43	2,48	2,52	2,55	2,6	2,65	2,69
10 000	2,74	2,79	2,84	2,89	2,95	3,0	3,05	3,11	3,18	3,23
11 000	3,32	3,38	3,44	3,51	3,57	3,67	3,74	3,82	3,9	3,98
12 000	4,1	4,18	4,26	4,35	4,44	4,55	4,66	4,75	4,87	4,98
13 000	5,09	5,21	5,33	5,46	5,58	5,72	5,85	6,0	6,18	6,35
14 000	6,56	6,75	6,95	7,17	7,4	7,63	7,89	8,15	8,45	8,7
15 000	9,05	9,34	9,65	10,0	10,4	10,9	11,3	11,9	12,4	12,9
16 000	13,7	14,4	15,2	15,9	16,6	17,2	18,2	19,1	20,1	21,1
17 000	21,8	23,1	24,1	25,5	26,1	27,2	—	—	—	—

B—магнитная индукция, *гс*;
H$_a$—напряженность магнитного поля в спинке, *а/см*.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ИНДУКЦИИ В ВОЗДУШНОМ ЗАЗОРЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА СТАРЫХ СЕРИЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 100 *квт*, НАПРЯЖЕНИЕМ 127/220, 220/380 и 500 *в*

Тип машины	Мощность, *квт*	Число об/мин	Диаметр ротора, *мм*	Длина активной стали ротора, *мм*	Индукция в воздушном зазоре, *гс*
Завод имени Калинина, серия Р („Урал") с короткозамкнутым ротором					
21-4	1,0	1 440	115	75	5 600
22-4	1,6	1 440	115	95	6 100
21-6	0,5	955	115	75	5 600
22-6	0,8	955	115	95	6 000
31-4	2,5	1 435	127	85	6 500
32-4	3,4	1 435	127	105	6 400
31-6	1,3	955	127	85	6 400
32-6	1,8	955	127	105	6 600
41-4	4,5	1 450	154	95	7 000
42-4	5,8	1 450	154	115	6 600
41-6	2,6	965	154	95	7 000
42-6	3,2	965	154	115	7 200
51-4	8,0	1 460	190	95	7 000
52-4	10,0	1 460	190	110	7 000
53-4	12,0	1 460	190	135	6 600
51-6	4,5	975	205	95	6 300
52-6	6,0	975	205	110	6 400
53-6	8,0	975	205	135	6 500
Завод „Электросила", серия АД с короткозамкнутым ротором					
21-2	1,6	2 915	82	90	5 600
22-2	2,2	2 915	82	112	5 600
21-4	1,0	1 425	82	76	7 400
22-4	1,5	1 425	82	105	7 400
21-6	0,55	940	82	76	7 600
22-6	0,85	940	82	105	7 600
31-2	3,2	2 935	98	100	5 500
32-2	4,2	2 930	98	122	5 600
31-4	2,2	1 440	108	86	7 500
32-4	3,2	1 440	108	116	7 000
31-6	1,2	955	118	90	6 200
32-6	1,8	955	118	122	6 400
41-2	5,1	2 925	115	110	5 800
42-2	7,4	2 920	115	136	5 800
41-4	4,3	1 445	128	100	7 700
42-4	5,8	965	128	130	7 300
41-6	2,7	965	143	110	7 200
42-6	3,5	720	143	136	7 200
51-8	2,8	2 935	169	122	6 300
61-2	10	2 935	132	122	6 100
52-2	12	1 450	132	142	6 200
51-4	7,8	1 450	143	106	7 300
52-4	10	1 450	148	142	8 300
51-6	5,0	965	169	122	7 300
52-6	6,0	965	169	150	6 700
52-8	3,5	720	169	150	6 500
61-2	16	2 940	153	140	5 800

Тип машины	Мощность, *квт*	Число, *об/мин*	Диаметр расточки, *мм*	Длина активной стали полная, *мм*	Индукция в воздушном зазоре, *гс*
62-2	20	2 940	153	170	6 000
71-2	28	2 950	178	170	5 100
72-2	35	2 950	176	200	5 800
81-2	48	2 960	200	190	5 900
82-2	60	2 960	200	230	2 700
91-2	80	2 960	230	200	5 900
92-2	93	2 960	230	240	6 100
101-2	115	2 970	270	220	5 000
102-2	145	2 970	270	270	5 400

Завод „Электросила", серия $И_2$ с короткозамкнутым ротором

10-4	0,35	1 410	77	50	6 500
10-6	0,15	930	77	60	6 300
11-4	0,7	1 420	77	86	6 450
11-6	0,35	935	77	96	5 950
20-4	1,3	1 420	106	73	6 200
21-4	2,3	1 420	106	115	6 100
20-6	0,8	940	106	83	6 000
21-6	1,3	940	106	125	6 000
30-4	3,7	1 440	135	98	6 300
31-4	5,2	1 440	135	150	6 000
30-6	2,5	960	135	112	6 000
31-6	3,5	960	135	160	6 200
30-8	1,3	720	135	112	5 500
31-8	2,3	720	135	160	6 000

Завод „Электросила", серия И с короткозамкнутым ротором

10-4	0,25	1 420	77	50	5 400
11-4	0,52	1 420	77	86	5 500
10-6	0,1	940	77	60	4 500
11-6	0,25	940	77	95	5 000
20-4	1,0	1 420	106	73	5 800
21-4	1,75	1 420	106	115	5 500
20-6	0,52	940	106	83	5 200
21-6	1,0	940	106	125	5 500
30-4	2,85	1 440	136	98	5 800
31-4	4,5	1 440	136	150	580
30-6	1,75	960	136	112	5 500
31-6	2,85	960	136	160	5 900
30-8	1,0	720	136	112	5 300
31-8	1,75	720	136	160	5 900

Завод „Электросила", серия И30 с короткозамкнутым ротором

20-4	0,8	1 450	106	73	5 800
21-4	1,5	1 450	106	115	5 300
20-6	0,52	960	106	83	5 200
21-6	0,8	960	106	125	5 100
30-4	2,0	1 450	136	98	5 300
31-4	3,0	1 500	136	150	4 700
30-5	1,5	960	136	112	5 300
31-6	2,0	960	136	160	5 700
31-8	1,15	720	136	160	5 200

Завод ХЭМЗ, серия МА-140 с короткозамкнутым ротором

142-1/8	2,7	720	160	130	6 300
142-2/8	4,0	730	160	190	6 300
143-1/8	5,8	730	235	135	6 600
143-2/8	8,0	735	235	180	6 800
144-1/8	11,0	735	300	160	6 400
144-2/8	15,0	735	300	220	6 600
142-1/6	3,8	965	150	125	6 550
142-2/6	5,5	970	160	175	6 850
143-1/6	8,0	970	225	135	6 300
143-2/6	11,0	975	225	190	6 300
144-1/6	15	975	280	160	6 800
144-2/6	20,5	975	280	220	6 700
142-1/4	5,5	1 450	150	130	6 300
142-2/4	8,0	1 450	150	185	6 400
143-1/4	11,4	1 460	210	135	6 400
143-2/4	16	1 460	210	190	6 400
144-1/4	21,5	1 460	260	160	6 900
144-2/4	29	1 460	260	220	6 700
145-1/4	40	1 470	300	180	6 500
145-2/4	53	1 470	300	230	6 700
146-1/4	72	1 470	340	220	7 700
146-2/4	95	1 475	340	280	7 600
145-1/6	28	970	315	180	6 000
145-2/6	38	970	315	230	6 000
146-1/6	50	975	370	220	6 300
146-2/6	65	975	370	280	6 300
145-1/8	21	735	380	180	5 000
145-2/8	28	735	380	230	5 400
146-1/8	37	735	385	220	6 000
146-2/8	50	740	385	280	6 300

Завод ХЭМЗ серия МА-200 с короткозамкнутым ротором

202-1/8	6,4	725	208	115	6 850
202-2/8	8,3	725	208	145	6 900
203-1/8	11	725	265	132	6 900
203-2/8	14	725	265	165	7 000
201-1/6	5,7	970	162	120	7 000
201-2/6	7,3	970	162	150	7 550
202-1/6	9,1	970	198	115	8 050
202-2/6	11,8	970	198	145	7 960
203-1/6	15,2	975	220	132	8 750
203-2/6	19,7	975	220	165	8 700
201-1/4	8,0	1 450	154	120	7 200
201-2/4	10,4	1 450	154	150	7 350
202-1/4	13,0	1 460	180	115	8 200
202-2/4	17,0	1 460	180	145	7 800
203-1/4	22,0	1 460	200	132	8 700
203-2/4	28,5	1 470	200	165	8 650
204-1/6	25,5	975	270	135	9 300
204-2/6	32	975	270	165	8 950
205-1/6	30	980	292	165	7 100
205-2/6	48	980	292	195	6 700
206-1/6	58	980	330	170	7 800
206-2/6	72	980	330	210	7 400
204-1/4	37	1 470	245	135	8 660
204-2/4	48	1 470	245	165	8 730
205-1/4	80	1 465	265	165	7 500
205-2/4	72	1 465	265	195	7 400
206-1/4	85	1 470	300	170	8 200
204-1/8	18,1	730	280	135	8 060
204-2/8	23,5	730	280	165	8 260
205-1/8	30	730	320	155	7 000
205-2/8	36	735	320	195	6 200
206-1/8	44	735	350	170	7 400
206-2/8	53	735	350	210	6 900

серия ТТ

а) С короткозамкнутым ротором

1/6	0,4	940	125	70	4 850
2/6Б	0,55	940	125	70	5 500
2/6	1,55	940	155	87	3 800
2/4	0,75	1 430	125	87	4 150
3/6	0,8	950	155	67	4 750
3/6Б	0,8	950	125	87	5 250
3/4	1,1	1 430	155	67	4 250
3/6	0,8	950	155	67	5 150
4/6Б	1,1	955	155	67	5 700
5/6Б	1,5	955	155	97	5 450
6/6	2,2	960	155	97	6 350
7/6	2,8	960	155	131	5 950
3/4Б	1,1	1 430	125	87	4 850
4/6	1,1	955	125	97	4 650
4/6Б	1 1	955	125	97	5 650
ТПФ-30/6Б	4,1	955	125	97	5 650

б) С короткозамкнутым ротором

4/4	1,5	1 435	155	97	4 050
4/4Б	1,5	1 435	155	67	5 000
5/6	1,5	955	155	131	4 400
5/6Б	1,5	955	155	97	5 350
4/4Б	1,5	1 435	155	67	5 100
5/4	1,5	1 435	155	131	4 000
6/4	3,2	1 440	155	97	5 650
7/4	4,5	1 450	155	131	5 400
5/4	2,2	1 440	155	131	4 050
5/4Б	2,2	1 440	155	97	4 750
6/8	1,5	725	155	97	5 850
6/6	2,2	960	155	97	5 950
6/4	3,2	1 440	155	97	5 450
7/8	2,0	725	155	131	5 950
7/6	2,8	960	155	131	5 750
7/4	4,5	1 450	155	131	5 100
8/8	2,8	730	190	113	5 900
ТТА-8/6	3,3	960	190	113	5 950
8/6	3,8	960	190	113	6 500
ТТА-8/4	5,2	1 460	190	113	5 300
8/4	6,0	1 460	190	113	5 900
9/8	3,6	730	190	148	5 450
ТТА-9/6Б	4,4	965	190	113	6 450
9/6Б	5,0	965	190	113	6 850

Тип машины	Мощность, *квт*	Число, *об/мин*	Диаметр расточки, *мм*	Длина активной стали полная, *мм*	Индукция в воздушном зазоре, *гс*
9/6	5,0	965	190	148	5 450
ТТА-9/4Б	6,8	1 465	190	113	5 950
9/4Б	7,8	1 465	190	113	6 300
9/4	7,8	1 465	190	148	5 450
10/8	4,5	735	190	185	5 400
10/6Б	6,5	965	190	148	6 800
10/6	6,5	965	190	185	5 650
ТТУ-10/6	7,5	970	190	148	7 200
ТТА-10/4Б	8,8	1 470	190	148	5 800
ТТА-10/4	8,8	1 470	190	185	5 000
10/4	10	1 470	190	185	5 650

Завод ЯЭМЗ, серия МКБ с короткозамкнутым ротором

Форма К

13-4	1,8	1 455	145	113	5 100
13-6	1,2	950	145	113	4 500
14-4	2,2	1 440	145	158	4 600
14-6	1,6	965	145	158	4 500
15-4	3,0	1 440	145	143	5 600
15-6	2,0	965	169,9	143	4 600
17-4	3,7	1 470	195	128	5 600
17-6	2,6	975	195	128	5 750
17-8	2,2	715	195	128	5 300
18-6	3,5	975	195	178	5 400
18-8	2,8	720	195	178	5 200

Тип машины	Мощность, *квт*	Число, *об/мин*	Диаметр расточки, *мм*	Длина активной стали полная, *мм*	Индукция в воздушном зазоре, *гс*
Завод ЯЭМЗ, серии МКА и МКБ с фазным и короткозамкнутым ротором					
Форма С					
13-4	3,8	1 410	145	113	6 000
13-6	2,5	895	145	113	5 900
14-4	5,5	1 400	145	158	6 000
14-6	3,5	900	145	158	5 700
15-4	7,4	1 500	145	143	7 400
15-6	4,8	905	169,9	143	5 900
19-4	18,5	1 430	230	142	7 900
19-6	11,5	940	230	142	7 500
19-8	8,8	700	230	142	6 100
20-4	22,5	1 430	230	182	7 500
20-6	15	945	230	182	7 500
20-8	11,8	705	250	182	6 300
Завод ЯЭМЗ, серия МКА с фазным ротором					
Форма С					
21-4	30	1 430	250	162	7 700
21-6	22,5	940	280,1	162	6 800
21-8	16,2	705	280,1	162	6 900
22-4	37	1 445	250	202	7 800
22-6	29	960	280,1	202	7 500
22-8	20,6	710	280,1	202	7 000
23-6	38	960	320	182	6 700
23-8	26	720	320	182	6 300
24-6	44	970	320	217	6 800
24-8	33	725	320	217	6 500

ПРИЛОЖЕНИЕ XIX

ВОЗДУШНЫЙ ЗАЗОР δ НОРМАЛЬНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Мощность, *квт*	До 0,2	0,2—0,1	1,0—2,5	2,5—5	5—10	10—20	20—50	50—100
δ, *мм* при 3 000 *об/мин*	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0
То же при 1 500—500 *об/мин*	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,5	0,65

ПРИЛОЖЕНИЕ XX

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПЛОТНОСТИ ТОКА В ОБМОТКЕ СТАТОРА И ФАЗНОГО РОТОРА ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 100 *квт*

Величина, *а/мм²*	Обозначение	Наружный диаметр активной стали статора		
		150—250 *мм*	250—350 *мм*	350—550 *мм*
Плотность тока в обмотке статора	Δ_{i_1}	6—8	5—7,5	4—5,5
Плотность тока в обмотке короткозамкнутого ротора с медными стержнями	Δ_{i_2}	7—9	6—8	6,5—7,5
	Δ_{i_2}	—	6—6,5	6—6,5
Плотность тока в обмотке фазного ротора				

ПРИЛОЖЕНИЕ XXI

ВОЗМОЖНОЕ ЧИСЛО ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ (ПРОСТЫЕ КАТУШЕЧНЫЕ ОБМОТКИ)

Число пар полюсов	1	2	3	4	5	6	7
Возможное число параллельных ветвей	1	1; 2	1; 3; 4	1; 2	1; 5; 3; 6	1; 2	1; 7

ПРИЛОЖЕНИЕ XXII

ТОЛЩИНА ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОЧНЫХ ПРОВОДОВ

а) Круглые провода

Номинальный диаметр провода по меди, мм	Сечение, мм²	Двусторонняя толщина изоляции, мм, круглых проводов марки										
		ПБД	ПБОО	ПЭЛ	ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛБО	ПЭЛШО	ПЭЛШД	ПЭТСО	ПДА	ПСД
0,20	0,0314	0,19	—	0,025	0,03	0,04	0,125	0,09	—	—	—	—
0,21	0,0346	0,19	—	0,025	0,03	0,04	0,125	0,09	—	—	—	—
0,23	0,0415	0,19	—	0,025	0,04	0,05	0,125	0,09	—	—	—	—
0,25	0,0491	0,19	—	0,025	0,04	0,05	0,125	0,09	—	—	—	—
0,27	0,0573	0,22	—	0,04	0,04	0,05	0,155	0,10	—	—	—	—
0,29	0,0661	0,22	—	0,04	0,04	0,06	0,155	0,10	—	—	—	—
0,31	0,0755	0,22	—	0,04	0,04	0,06	0,160	0,105	—	—	—	0,24
0,33	0,0855	0,22	—	0,04	0,04	0,06	0,160	0,105	—	—	—	0,24
0,35	0,0962	0,22	—	0,04	0,04	0,06	0,160	0,105	—	—	—	0,24
0,38	0,1134	0,22	—	0,04	0,04	0,06	0,160	0,105	—	0,21	—	0,24
0,41	0,1320	0,22	—	0,04	0,04	0,06	0,165	0,110	—	0,21	—	0,24
0,44	0,1521	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,165	0,110	—	0,21	—	0,24
0,47	0,1735	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,165	0,110	—	0,21	—	0,24
0,49	0,1886	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,165	0,110	—	0,21	—	0,24
0,51	0,204	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,170	0,115	—	0,21	—	0,24
0,53	0,221	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,170	0,115	—	0,21	—	0,26
0,55	0,238	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,170	0,115	—	0,21	—	0,26
0,57	0,255	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,170	0,115	—	0,21	—	0,26
0,59	0,273	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,170	0,115	—	0,21	—	0,26
0,62	0,302	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,170	0,115	—	0,21	—	0,26
0,64	0,322	0,22	—	0,05	0,05	0,07	0,170	0,115	—	0,21	—	0,26
0,67	0,353	0,22	—	0,05	0,05	0,08	0,170	0,115	—	0,21	—	0,26
0,69	0,374	0,22	—	0,05	0,05	0,08	0,170	0,115	—	0,21	—	0,26
0,72	0,407	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,21	—	0,27
0,74	0,430	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,22	—	0,27
0,77	0,466	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,22	—	0,27
0,80	0,503	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,24	—	0,27
0,83	0,541	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,24	—	0,27
0,86	0,581	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,24	—	0,27
0,90	0,636	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,24	—	0,27
0,93	0,679	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,24	—	0,27
0,96	0,724	0,22	—	0,06	0,06	0,09	0,180	0,125	0,19	0,24	—	0,27
1,00	0,785	0,27	0,85	0,07	0,07	0,10	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,04	0,849	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,08	0,916	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,12	0,985	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,16	1,057	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,20	1,131	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,25	1,227	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,30	1,327	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,35	1,431	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,40	1,539	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,45	1,651	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	0,135	—	0,24	0,32	0,29
1,50	1,767	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	—	—	0,24	0,32	0,3
1,56	1,911	0,27	0,85	0,08	0,08	0,11	0,210	—	—	0,26	0,32	0,3
1,62	2,06	0,27	0,85	0,09	0,09	0,12	0,210	—	—	0,26	0,32	0,3
1,68	2,22	0,27	0,85	0,09	0,09	0,12	0,210	—	—	0,27	0,33	0,31
1,74	2,38	0,27	0,85	0,09	0,09	0,12	0,210	—	—	0,27	0,33	0,31
1,81	2,57	0,27	0,85	0,09	0,09	0,12	0,210	—	—	0,27	0,33	0,31

Продолжение приложения XXII

Номинальный диаметр провода по меди, мм	Сечение, мм²	Двусторонняя толщина изоляции, мм, круглых проводов марки										
		ПБД	ПБОО	ПЭЛ	ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛБО	ПЭЛШО	ПЭЛШД	ПЭТСО	ПДА	ПСД
1,88	2,78	0,27	0,85	0,09	0,09	0,12	0,210	—	—	—	0,33	0,31
1,95	2,99	0,27	0,85	0,09	0,09	0,12	0,210	—	—	—	0,33	0,31
2,02	3,20	0,27	0,85	0,10	0,10	0,13	0,210	—	—	—	0,33	0,31
2,10	3,46	0,27	0,85	0,10	0,10	0,13	0,210	—	—	—	0,33	0,31
2,26	4,01	0,33	0,85	0,10	0,10	0,13	—	—	—	—	0,33	0,31
2,44	4,68	0,33	0,85	0,10	0,10	0,13	—	—	—	—	0,38	0,36
2,63	5,43	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,38	0,36
2,83	6,29	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,38	0,36
3,05	7,31	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,39	0,37
3,28	8,45	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,39	0,37
3,53	9,79	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,39	0,37
3,80	11,34	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,39	0,37
4,1	13,2	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,39	0,37
4,5	15,9	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,39	0,37
4,8	18,1	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,4	0,38
5,2	21,2	0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	0,4	0,38
		0,33	0,85	—	—	—	—	—	—	—	—	0,38

Примечание. Прочерк в таблице означает, что провод указанного размера этой марки не выпускается.

Продолжение приложения XXII

б) Прямоугольные провода

Размер меньшей стороны, мм	Двусторонняя толщина изоляции, мм, прямоугольных проводов марки				
	ПБД	ПБОО	ПСД	ПДА	
				большая сторона	меньшая сторона
0,9—1,08	0,27	0,45	0,27	—	—
1,16—1,95	0,27	0,45	0,27	0,4	0,35
2,1—3,8	0,33	0,45	0,33	0,4	0,35
4,1—5,5	0,44	0,45	0,4	0,4	0,4

ПРИЛОЖЕНИЕ XXIII

ДИАМЕТРЫ ВЫВОДНЫХ БОЛТОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Диаметр выводного болта (условное обозначение)	Наибольший допустимый ток, *а*	Диаметр выводного болта, *мм*	Наибольший допустимый ток, *а*
М4	14	М10	200
М5	25	М12	300
М6	48	М14	500
М8	100	М16	800

ПРИЛОЖЕНИЕ XXIV

СЕЧЕНИЕ ВЫВОДНЫХ ПРОВОДОВ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Сечение медных выводных проводов, мм²	Исполнение электродвигателей и их нагрузка, *а*			
	Продолжительная нагрузка		Кратковременная нагрузка	
	Открытые вентилируемые	Закрытые невентилируемые	Открытые вентилируемые	Закрытые невентилируемые
2,5	24	23	39	30
4	40	33	60	46

Продолжение приложения XXIV

Сечение медных выводных проводов, мм²	Исполнение электродвигателей и их нагрузка, *а*			
	Продолжительная нагрузка		Кратковременная нагрузка	
	Открытые вентилируемые	Закрытые невентилируемые	Открытые вентилируемые	Закрытые невентилируемые
6	58	47	87	58
10	84	67	140	110
16	120	100	220	170
25	160	140	320	226
36	200	175	430	350
50	255	220	580	470

ПРИЛОЖЕНИЕ XXV

ФОРМУЛЯР АКТА ИСПЫТАНИЯ №. . . . .

До ремонта

Форма исполнения . . . . . Заводской № . . .
Тип . . . . . Мощность . . . . *квт* . . . . *об/мин*
Статор . . . *в* . . . *а* . . . Ротор . . . *в* . . . *а* . . .
Соединение: статор . . . . . ротор (фазный)

После ремонта

Мощность . . . *квт, об/мин* . . . . Исполнение ротора
Статор . . . *в* . . . *а*. Ротор (фазный) . . . . *в* . . . *а*
Соединение: статор . . . . . ротор (фазный)
Сопротивление изоляции, измеренное мегомметром при напряжении *в* в холодном состоянии при *t* . . . *Мом*
Сопротивление обмотки статора по отношению к корпусу . . . . . *Мом*
В горячем состоянии при *t*= . . . . . *Мом*
Ротор (фазный) . . . . . .

Испытание обмоток повышенным напряжением

Статора напряжением . . . . . *в* в течение 1 *мин*
Ротора (фазного) . . . . . *в* в течение 1 *мин*

Температура при работе в течение 1 ч на холостом ходу

Корпуса . . . . . .
Статорная сталь . . . . . .
Обмотка статора . . . . . .
Сталь ротора . . . . . .
Обмотка ротора (фазного) . . . . . .
Контактные кольца . . . . . .
Подшипники . . . . . .
Воздух окружающий . . . . . .

Испытание электродвигателя

	U, в	I, а	Напряжение ротора U_2, в	Скорость вращения, об/мин	Температура, °С	Примечание
Холостой ход при . . .						
Холостой ход при $130\%U_н$						
В заторможенном состоянии						
При коротком замыкании . . .						
При нормальной нагрузке						

Заключение ОТК после ремонта электродвигателя _____

Испытание производил: _____

«____» _____ 196__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ XXVI

ПРОВОЛОКА БАНДАЖНАЯ СТАЛЬНАЯ ЛУЖЕНАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Удельный вес 7,85

Температурный коэффициент расширения $12{,}6\times10^{-6}$

d, мм	Допуск отклонения для d, мм	Сечение $\frac{\pi d^2}{4}$, мм²	Временное сопротивление на разрыв (не менее), кГ/мм²	Предел текучести, кГ/мм²	Удлинение (не менее), %	Число перегибов (при $r=5$ мм)	Число скручиваний при $l=100$ мм	Вес 100 м, кГ
0,5	±0,03	0,196	180	135	1	25	25	0,154
0,8	±0,03	0,503	180	135	2	25	25	0,395
1,0	±0,03	0,785	180	135	2	20	20	0,617
1,25	±0,04	1,25	180	135	2	15	15	0,964
1,5	±0,04	1,77	170	128	3	12	12	1,38
2,0	±0,1	3,14	170	128	4	10	10	2,47

1. Луженая стальная проволока для бандажей должна быть однородной по прочности и твердости, чистой и гладкой, без трещин и выступов. Проволока должна иметь хорошо луженую поверхность и принимать пайку без применения кислоты.

2. Испытание на перегиб и скручивание — согласно Промстандартам 146 и 125.

Диаметр проволоки измеряется в пяти различных местах бухты, причем допускаемое отклонение для d каждого измерения не должно превышать установленной в таблице величины.

3. Отбор проволоки. Для каждого испытания берется по одному образцу от бухты, но не менее трех образцов от партии проволоки каждого размера.

4. Доставка проволоки производится в бухтах весом: не более 10 кг для проволоки диаметром менее 1 мм
» » 20 кг » » » 1 мм — 1,8 мм
» » 50 кг » » » более 1,8 мм.
Бухта может состоять из нескольких отрезков. Отдельные отрезки должны быть связаны и длина каждого не менее 500 м.

Бухты обертываются водонепроницаемой бумагой и упаковываются в ящики или бочки.

Внутренний диаметр бухт от 200 мм (для $d=0{,}5$ мм) до 400 мм (для $d=2$ мм).

5. Маркировка. Каждая бухта снабжается ярлыком с обозначением завода-поставщика, названия и диаметра проволоки и веса бухты.

ПРИЛОЖЕНИЕ XXVII

НОМИНАЛЬНЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ЗАЗОРЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Серия электродвигателей	Предел мощностей, квт, при скорости вращения, об/мин			Зазор, мм
	750	1 000	1 500	3 000
АКА-300	30,0—53,0	40,0—75,0	37,0—72,0 85—105	—
П	— 1,5—2,0 2,8—3,6 4,5	0,4—0,8 1,1—2,2 2,8—3,6 4,4—6 6,5—7,5	0,75 1,1—2,2 3,2 4,5—6 6,8—10	—
УТ	2,85—4,5 6,8—10,5 20,0—40,0	4,5—6,8 10,0—20,0 40,0—55,0	6,8—10 14,5—40,0 55,0—75,0	—
АКБА	6,6 8,8—20,6 — 35,0—33,0	7,5—8,8 11,5—15,0 22,5—29,0 — 38,0—44,0	3,8—15,0 18,5—22,5 — 30,0—37,0 —	0,4 0,5 0,55 0,6 0,7
МКБ	2,0—7,5	1,8—6,8	1,8—15,0	0,4
А и АЛ	—	1,0—1,7 2,8—4,5 —	1,7—2,8 4,5—7,0 —	0,3 0,4 0,5 0,7
АО и АОЛ	—	1,0—1,7 2,8—4,5 —	1,7—2,8 4,5—7,0 —	0,3 0,4 0,5 0,6
АД	0,6—1,3 — — —	0,85—0,85 1,3—1,8 2,1—3,5 5,6	1,6—1,9 3,1—4,2 5,6 —	0,5 0,6 0,7 0,8 0,9
Р	—	0,3—0,4 0,6—1,0 4,5—6	1,1—2,4 5,5—5,6 8,6—12,0	0,3 0,35 0,4 0,45
П	—	0,17—0,5 0,8—1,3 2,5—3,6	0,85—1,1 1,4—2,2 3,2—4,5	0,3 0,35 0,4
ЖА-10	2,7—4,6 6,8—8,6 11,0—15,0 — 25,0—28,0	3,8—5,4 6,0—11,0 15,0—20,5 25,0—28,0 35,0—40,0	5,4—7,5 11,0—15,0 20,5—28,0 35,0—40,0 45,0—50,0	0,35 0,4 0,45 0,5 0,6 0,7 0,8
ЖА-70	4,6—6,6 9,0—11,5 15,0—18,0 —	7,5—9,0 11,5—14,5 18,0—22,5 —	9,0—13,5 14,5—19,0 22,5—30,0 —	0,4 0,45 0,5 0,55
ЖА-200	6,6—8,8 11,0—14,0 18,0—23,0 —	8,8—11,5 14,0—19,0 23,0—30,0 —	11,5—15,0 19,0—25,0 30,0—40,0 —	0,45 0,5 0,55 0,6

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Н. В., Горячинов Ф. А., Сергеев П. С., Проектирование электрических машин.

2. Виноградов Н. В., Обмотчик электрических машин, Трудрезервиздат, 1953.

3. Галитовский В. Г., Сушка обмоток электрических машин инфракрасными лучами, «Энергетик», 1955, № 2.

4. Гемке Р. Г., Неисправности электрических машин, Госэнергоиздат, 1960.

5. Добровольский К. Ф., Упрощенный расчет обмоточных данных асинхронного однофазного электродвигателя малой мощности, «Энергетик», 1959, № 5.

6. Дренев П. В., Справочник по ремонту электрических машин, Гостехиздат, УССР, 1958.

7. Жерве Г. К., Расчет асинхронного электродвигателя при перемотке, Госэнергоиздат, 1956.

8. Зимин В. И., Каплан М. Я., и др., Обмотки электрических машин, Госэнергоиздат, 1954.

9. Колбин, О балансировке роторов электродвигателей, «Энергетик», 1958, № 2.

10. Лившиц П. С., Щетки для электрических машин, Госэнергоиздат, 1961.

11. Лившиц-Гаррик, Обмотки машин переменного тока, Госэнергоиздат, 1958.

12. Постников И. И., Проектирование электрических машин, Гостехиздат УССР, 1952.

13. Прощин Е. А., Пайка и сварка алюминиевых проводов, «Энергетик», 1956, № 4.

14. Рывлин Л. Б., Электродвигатели и их эксплуатация, Госэнергоиздат, 1950.

15. Рубо Л. Г., Перемотка асинхронных короткозамкнутых электродвигателей мощностью до 100 *квт* на другое число оборотов, «Энергетик», 1952, № 3.

16. Рубо Л. Г., Прибор для проверки наличия образца стержней короткозамкнутых роторов, «Промышленная энергетика», 1958, № 5.

17. Рубо Л. Г., О выполнении схемы обмотки с дробным числом пазов на полюс и фазу, «Промышленная энергетика», 1958, № 4.

18. Рубо Л. Г., О балансировке роторов электродвигателей, «Энергетик», 1956, № 2.

19. Рубо Л. Г., О возможности переделки электродвигателя с фазным ротором на короткозамкнутый, «Промышленная энергетика», 1958, № 2.

20. Рубо Л. Г., Испытание асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт* после ремонта, «Энергетик», 1956, № 6.

21. Серков В. В., О применении упрощенного расчета обмоточных данных статор-асинхронных электродвигателей, «Энергетик», 1959, № 7.

22. Харитонов А. М., Многоскоростные электродвигатели, Госэнергоиздат, 1954.

23. Секция промэнергетики Челябинского отд. НТО. Ремонт электрических машин и трансформаторов, Челябкнигиздат, 1958.

ОПЕЧАТКИ

Страница	Колонка	Строка	Напечатано	Должно быть
33	Левая	15 и 16 сверху	В четырех местах вместо знака + должно быть ±	
33	Левая	20 сверху	б) $z_2 \neq 3i$	б) $z_2 \neq 2p3i$
166	Последний столбец в таблице:			
	4 сверху		изолированного	ширина/высота
	5, 6, 7, 8 сверху		1,55	7,55
	12 сверху		изолированного	ширина/высота
205	Правая	14 снизу	29—39	29—36
212	Левая	23 и 25 сверху	-3 -7	$-3q_2$ $-7q_2$
383	Левая	1 снизу	0,7	0,07

Рубо Л. Г., Пересчет и ремонт асинхронных двигателей мощностью до 100 *квт*.